

Der Nährstoffgehalt
der mecklenburgischen Böden und seine
Abhängigkeit vom geologischen
Untergrund und Klima

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
genehmigt von der
Mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät
der Friedrich-Wilhelms-Universität Berlin

von

Werner Hübner
aus Berlin-Reinickendorf

Tag der mündlichen Prüfung: 10. Mai 1939
Tag der Promotion: 15. Juni 1940

Der Nährstoffgehalt
der mecklenburgischen Böden und seine
Abhängigkeit vom geologischen
Untergrund und Klima

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
genehmigt von der
Mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät
der Friedrich-Wilhelms-Universität Berlin

von

Werner Hübner
aus Berlin-Reinickendorf

Tag der mündlichen Prüfung: 10. Mai 1939

Tag der Promotion: 15. Juni 1940

Berichterstatter: Prof. Dr. Giesecke.
Prof. Dr. Winter.



Sonderdruck aus
Bodenkunde und Pflanzenernährung 18. Band, Heft 1/2, 1940.
Verlag Chemie, Berlin W35.

Druck von G. Reichardt, Groitzsch (Bez. Leipzig).

Einleitung.

Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen sind zunächst aus dem Bedürfnis heraus entstanden, als Stätten der Forschung der praktischen Landwirtschaft zur Seite zu stehen. Einen Teil ihres Aufgabengebietes bilden die Bodenuntersuchungen und die damit verknüpfte Beratung über Kultur-, Düngemaßnahmen usw. Als 1933 der Nationalsozialismus die Staatsführung übernahm, ersetzte er die „freie Wirtschaft“ durch eine planvolle. Diese Maßnahme war unumgänglich, wenn das Ziel einer Selbstversorgung erreicht werden sollte. Die sinnvolle Raumordnung innerhalb des deutschen Lebensraumes benötigte jedoch als Grundlage die Raumforschung, ehe sie einsetzen konnte. Aus dem Totalitätsanspruch des Staates heraus erstreckten sich Raumforschung und Raumordnung natürlich auch auf die Landwirtschaft. Damit erhielten die landwirtschaftlichen Versuchsstationen den Auftrag, über die von ihnen unter anderem durchgeführte Beratung des Bauern hinaus eine Sammlung und Sichtung des bodenkundlichen Untersuchungsmaterials durchzuführen. Es soll damit erreicht werden, daß in nicht allzu ferner Zeit wir eine klare Kenntnis der natürlichen Bodenfruchtbarkeit und der im Boden von Natur aus vorhandenen Nährstoffreserven gewinnen. Welch riesige Bedeutung gerade dieser Frage der Raumforschung zukommt, mag allein der Hinweis andeuten, daß wir im Falle außenpolitischer Verwicklungen wahrscheinlich gezwungen wären, einen Teil der Kräfte, die jetzt in der Landwirtschaft und in der diese mit Düngern versorgenden Industrie tätig sind, an anderen Stellen einzusetzen. Wenn wir dann jedoch wissen, welche Landesteile natürliche Mangelgebiete an Pflanzennährstoffen sind, werden wir in der Lage sein, die in geringerer Menge produzierten Handelsdünger zweckmäßig zu verteilen. Aber auch in Friedenszeiten könnten wir Devisen sparen, wenn es gelänge, die Einfuhr von Phosphorsäuredüngern durch bessere Verteilung zu drosseln (1).

„Im Vordergrund in bezug auf Boden und Bodenfruchtbarkeit stehen deshalb die Fragen der Ermittlung der Düngebedürftigkeit der deutschen Böden (2).“

Ich griff deshalb dankbar die Anregung von Herrn Prof. Giesecke auf, zu einem geringen Teil an diesem wichtigen Problem mitzuarbeiten.

Zur Untersuchung steht das Problem, die mecklenburgischen Böden auf ihren Nährstoffgehalt zu prüfen. Es handelt sich darum, die Verhältnisse bei der Phosphorsäure und dem Kali zu klären, denn Stickstoffuntersuchungen erübrigen sich, da alle deutschen Böden — mit Ausnahme gewisser Niederungsmoore — mehr oder weniger arm an Stickstoffverbindungen sind. Als Unterlagen für diese Überprüfung standen zunächst die Bodenuntersuchungen über Mecklenburg zur Verfügung, die im Rahmen der Verbilligungsaktion für Bodenuntersuchungen vom Reichsernährungsministerium durchgeführt wurden.

Die Analysen stammen teils von der Lübecker, zum größten Teil jedoch von der Rostocker Untersuchungsstation und erstrecken sich auf die Jahre 1926—1938. In dankenswerter Weise hat mir Herr Ministerialrat Dr. Liehr die Ergebnisse zugänglich gemacht.

Da sich im Laufe der Verarbeitung dieser Ergebnisse die Tatsache ergab, daß sie zahlenmäßig nicht ausreichten, um allgemeinere Schlüsse zu ziehen, wurde zusätzlich das sehr umfangreiche Analysenmaterial der Rostocker Station benutzt, dessen Aufarbeitung in Rostock stattfand.

Ich bin daher Herrn Prof. Nehring, dem Leiter der Station, zu großem Dank verpflichtet.

Die eigentliche Arbeit sollte jedoch nicht allein eine Aufstellung und Verwertung der Kali- und Phosphorsäureanalysen bringen, sondern darüber hinaus eine kausale Klärung anstreben, dergestalt, daß die Beziehungen zwischen geologischem Untergrund, Bodentypen, Klima und Nährstoffgehalt untersucht werden sollten. Als Grundlagen hierfür dienten die geologischen Abhandlungen und Karten über Mecklenburg von Geinitz, die Bodentypenkarte mit Erläuterung von Frhr. von Hoyningen-Huene sowie die Auswertung von Klimauntersuchungen im Lande Mecklenburg, die vom Reichswetterdienst nach 40jährigen Beobachtungen zusammengestellt und mir vom Reichsfinanzministerium in dankenswerter Weise vermittelt wurden. Diesem Ministerium habe ich ferner die Überlassung der Bodenuntersuchungen und Profilbeschreibungen zu danken, die im Rahmen der Bodenschätzung in Mecklenburg durchgeführt worden sind.

Über den Arbeitsverlauf ist folgendes zu berichten. Es war zunächst die Frage zu klären, für welche Flächeneinheiten die mangelnde, ausreichende, befriedigende oder gute Versorgung mit Kali und Phosphorsäure ermittelt werden sollte. Ähnliche Untersuchungen in anderen Landesteilen — Sachsen (3), Bayern (4), Ostpreußen (5), Schleswig-Holstein (6) usw. — benutzen die Flächeneinheiten Kreise, Kreisabschnitte oder Versuchsringabschnitte, stellen die auf diese Abschnitte entfallenden Analysen zusammen und beurteilen dann die gewählten Flächen auf ihren Nährstoffgehalt. Dieser Weg war für die beabsichtigten Untersuchungen nicht gangbar, da bei der Größe der dort gewählten Abschnitte eine Zuordnung von geologischen Verhältnissen und Nährstoffgehalt nicht möglich ist.

Da andererseits für eine so große Zahl von Bodenuntersuchungen, es handelt sich insgesamt um ungefähr 12 000 Neubaueranalysen, innerhalb der einzelnen Gemeinden eine genaue örtliche Festlegung etwa in einer Flurkarte ebenfalls nicht in Frage kam, entschloß ich mich, als Grundlage für die Kartierung die Gemeindegrenzenkarte (7) zu benutzen²⁾. Die Gemeindegrenzenkarte ist eine Leerkarte, in die die Grenzen der einzelnen Gemeinden eingetragen sind und die es ermöglicht, die verschiedenartigsten Ein-

²⁾ Bei der Veröffentlichung mußte aus raumtechnischen und finanziellen Gründen eine Maßstabänderung vorgenommen werden.

tragungen für ein Land vorzunehmen. Die im Maßstab 1:200 000 gedruckte Karte läßt eine räumliche Zuordnung der Untersuchungen zu, die für eine raumforscherische Zielsetzung als ausreichend betrachtet werden kann.

Es ist ferner anzunehmen, daß die zufällig im gleichen Maßstab existierende geologische Karte von Mecklenburg, die als geologische Übersichtskarte gedacht ist, in der räumlichen Zuordnung der geologischen Tatsachen ebenfalls nicht genauer ist, schon rein aus maßstäblichen Erwägungen heraus.

Die Ermittlung der Orte, für die die Ergebnisse eingetragen werden sollen, ist mit Hilfe der jedem Kartenblatt beigegebenen Schlüsselkarte und des für jeden Kreis existierenden Gemeindeverzeichnisses leicht zu bewerkstelligen.

Die nächste Aufgabe bestand sodann darin, die Analysenwerte für die einzelnen Ortschaften zu ermitteln. Diese Arbeit begegnete schon weit größeren Schwierigkeiten, zumal für die Analyseergebnisse älteren Datums zwar der Ort ihrer Herkunft, nicht aber der zugehörige Kreis immer verzeichnet war. Diese Arbeit fand ihren Niederschlag in den Tabellen 5³⁾.

Die Tabellen enthalten neben Kreis- und Ortsangabe Rubriken für den p_H -Wert, P_2O_5 -Gehalt und K_2O -Gehalt in mg nach Neubauer. Die in den einzelnen Spalten verzeichneten Zahlen geben an, wieviel Analysen eines Ortes auf die einzelnen Gehaltsgruppen entfallen. Die Zahlen vor den Ortsnamen sind identisch mit der Numerierung der Schlüsselkarte und des Ortsverzeichnisses; sie erleichtern das Nachprüfen in den Karten. Da für jede Ortschaft in der Karte nur ein Urteil aus kartographischen Gründen zulässig ist, mußte des weiteren für die oft zahlreichen p_H -Messungen und K_2O - und P_2O_5 -Ergebnisse eines Ortes ein Gesamturteil gefunden werden. Dieses ist jeweils hinter den p_H -, K_2O - und P_2O_5 -Werten verzeichnet.

Über die p_H -, K_2O - und P_2O_5 -Messungen und ihre Beurteilung ist im einzelnen folgendes zu bemerken:

Liegt für einen Ort eine große Zahl von Analyseergebnissen vor, so bestehen zwei Möglichkeiten, sie zusammenzufassen. Bei der ersten Möglichkeit wird so verfahren, daß alle p_H -Werte und genau so alle K_2O - und P_2O_5 -Werte addiert werden und durch Division der Summe durch die Zahl der Analysen der arithmetische Mittelwert errechnet wird. Schon rein zeitlich ist diese Arbeitsmethode bei je 12 000 Analysen kaum durchführbar, wird es also erst recht sein, wenn die Zahl der jährlichen Untersuchungen einer Station, wie geplant, auf etwa 50 000 anwächst. Methodisch läßt sich jedoch ihr Nachteil leicht an einem Beispiel zeigen. Wenn von 6 vorliegenden K_2O -Messungen eine den Wert 35 mg, die anderen 5 ungefähr 18 mg zeigen, so ergibt das arithmetische Verfahren einen Wert von 21 mg als Durchschnitt, der tatsächlich für keine Analyse zutrifft. Der größte Teil der Analysen liegt unter dem errechneten und nur eine über diesem Wert. Beim K_2O -Gehalt spielen nun, könnte man einwenden, Schwankungen von 2 bis 3 mg keine so erhebliche Rolle. Anders aber liegen die Verhältnisse bei der Phosphorsäure. Wenn hier von 6 Analysen einer Ortschaft eine den Wert 10 mg, 5 andere den Wert 2 mg zeigen, liegt der Durchschnittswert bei 3,3 mg. Damit würde dann ein ausreichender Phosphorsäuregehalt für alle Böden vorgetäuscht werden, der nicht vorhanden ist.

³⁾ Der Tabellenanhang 5 wurde weggelassen. Er ist auf Wunsch leihweise vom Institut für Pflanzenernährungslehre und Bodenbiologie der Universität Berlin zu erhalten. Um trotzdem in die folgende Methodik der Analysenauswertung einen besseren Einblick zu gewähren, wurde aus dem Kreise Güstrow ein Teil der Tabellen am Schluß der Arbeit beigegeben.

Die zitierten Analysenbeispiele, die diesen Weg als unbrauchbar erscheinen ließen, sind keinesfalls konstruiert, sondern stellen ausgewählte Beispiele aus einer weit größeren Zahl vorkommender Fälle dar. Es wurde deshalb für besser erachtet, einen anderen Weg zu wählen. Dieser bestand darin, die Analysen nach ihren Werten zu gruppieren. Ehe dieses Verfahren näher erläutert wird, muß gesagt werden, nach welchen Gesichtspunkten die Grenzen für die Gruppierung abgesteckt wurden.

1. Für die p_H -Werte sind folgende Unterteilungen getroffen worden:

- a) Böden, die eine p_H -Zahl von mehr als 6,5 besitzen, wurden als neutral-basisch,
- b) Böden, deren p_H -Zahl zwischen 5,4 und 6,5 liegt, wurden als mäßig sauer-neutral,
- c) Böden, deren p_H -Zahl unter 5,4 liegt, wurden als mittel-stark sauer bezeichnet.

Zu der Gruppe a) ist zu bemerken, daß ein Boden mit einem p_H -Wert von mehr als 6,5 in der Praxis allgemein als neutral-basisch bezeichnet wird.

Zwischen b) und c) ist als Abgrenzung die p_H -Zahl 5,4 gewählt worden, weil bei ungefähr $p_H = 5,4$ die Bodenkolloide beweglich werden und Podsolierung in Erscheinung tritt (8).

Im wesentlichen stimmt die Grenzziehung mit der von O. Liehr vorgenommenen überein (9).

Für den K_2O -Gehalt und den P_2O_5 -Gehalt nach Neubauer wurde die Beurteilung von H. Wießmann übernommen (10). Obgleich 3–4 mg P_2O_5 und 15–20 mg K_2O , die von Wießmann als mittlerer Gehalt, also als ausreichend bei entsprechender mittlerer Düngergabe zur Erzielung mittlerer Ernten bezeichnet wurden, unter den von Neubauer für seine Methode angegebenen Grenzzahlen liegen, wurde die Wießmannsche Beurteilung zur Anwendung gebracht; denn die Neubauer-Grenzzahlen stellen keine absolut gültigen Zahlen dar, sind vielmehr je nach den Bodenverhältnissen gewissen Schwankungen unterworfen. L. Schmitt (11) hat klargestellt, welche Fehler auftauchen, wenn die Grenzzahlen schematisch ohne Kenntnis und Berücksichtigung der Standortbedingungen angewendet werden. Neubauer (12) hat jedoch selbst auf diese Möglichkeiten der Abwandlung der Grenzzahlen hingewiesen. Da H. Wießmann als Leiter der Rostocker Station ein ausgezeichneter Kenner der mecklenburgischen Bodenverhältnisse war, läßt sich die Grenzziehung in ihrer abweichenden Form vertreten. Wießmann hat, wie aus seinen Fragebogen für Düngeberatung hervorgeht, für die Nährstoffanalysenbeurteilung folgende Faktoren mit herangezogen: klimatische Verhältnisse, physikalische Bodenbeschaffenheit, Fruchtfolge, Kalkzustand usw.; er ist wahrscheinlich auf Grund dieser langjährigen Beobachtungen zu seiner Grenzsetzung gelangt.

Auch R. Thun (13) weist darauf hin, daß die ursprünglich angegebenen Grenzzahlen zu hoch liegen und daß die jetzt tiefer angesetzten Grenzzahlen je nach örtlichen Bedingungen variabel sind.

2. Für P_2O_5 ist danach die Gruppierung wie folgt vorgenommen worden: weniger als 3 mg = mangelhafte, 3–4 mg = ausreichende, 4,1–6 mg = befriedigende und mehr als 6 mg = gute Versorgung.

3. Für K_2O gilt folgendes: weniger als 15 mg = mangelhafte, 15–20 mg = ausreichende, 20,1–30 mg = befriedigende und mehr als 30 mg = gute Versorgung.

Nachdem das gesamte Analysenmaterial nach Gemeinden geordnet und in bezug auf p_H -Wert, K_2O - und P_2O_5 -Gehalt auf die soeben angegebenen Gruppen verteilt worden war, mußte nun ein Gesamturteil für den Aziditätszustand sowie den Phosphorsäure- und Kaligehalt der Böden eines Ortes getroffen werden.

Aus Gründen der Einfachheit wurde im Urteil neutral-basisch mit n, mäßig sauer-neutral mit sa' und mittel-stark sauer mit $\bar{s}a$ bezeichnet.

Für die Beurteilung des Kali- und Phosphorsäuregehaltes wurden Ziffern gewählt: gut = 2, befriedigend = 3, ausreichend = 4, mangelhaft = 5.

Verhältnismäßig einfach gestaltete sich die Beurteilung dann, wenn der größte Teil der Analysenwerte in einer der genannten Spalten zu finden war. Zeigten beispielsweise 3 Böden 15–20 mg K_2O , ein Boden weniger als 15 mg und ein Boden mehr als 20 mg, so wurde der Ort als ausreichend versorgt angesprochen, erhielt also in der Urteilsspalte die Wertziffer 4.

Dasselbe Urteil erlangten aber auch Orte, in denen 2 Analysen 15–20 mg K_2O , eine Analyse weniger als 15 mg (oder mehr als 20 mg) ermittelten.

Die beiden Beispiele deuten an, daß oftmals unterschiedliche Böden eine gleiche Wertnote erhielten. Es läßt sich dieser Mißstand jedoch nicht ausschalten, da sonst eine kartenmäßige Festlegung, die zugleich auch übersichtlich ist, unmöglich wird. Schließlich ist zu bedenken, daß von einer größeren Anzahl untersuchter Böden aller Wahrscheinlichkeit nach keiner dem anderen vollkommen gleicht.

In allen Fällen, wo gleich viele Analysen in 2 benachbarten Urteilsspalten (z. B. 2 mangelhaft, 2 ausreichend) lagen, wurde das Urteil nach unten gefällt (5 = mangelhaft).

Schwierigere Fälle liegen dann vor, wenn beispielsweise 2 Analysen unter 15 mg, 2 andere über 20 mg K_2O anzeigen. In diesen Fällen ist zwar das Urteil ausreichend (4) erteilt, jedoch durch Unterstreichung der Ziffer (4) darauf aufmerksam gemacht worden, daß sehr stark wechselnde Verhältnisse vorliegen.

Ein letztes Beispiel soll den Beurteilungsmaßstab darlegen, der bei noch stärker wechselnden Analysenwerten angelegt wurde: von 3 Kalibodenuntersuchungen eines Ortes zeigen 2 Analysen 14 mg, sind also mangelhaft, während eine andere 22 mg anzeigt, also als befriedigend gelten muß. Ein rein arithmetisches Verfahren würde als Ergebnis zeitigen: $28 \text{ mg} + 22 \text{ mg} = 50 \text{ mg}$; $50 \text{ mg} : 3 = 16,6 \text{ mg}$; Urteil demnach ausreichend.

Benutzt man statt der Milligrammzahlen die Einzelurteile zur arithmetischen Rechnung, so ergibt sich: $2 \times 5 + 3 = 13$; $13 : 3 = 4,3$; Gesamturteil ebenfalls ausreichend. Bei diesen schwierigen Fällen ist vom Verfasser das Zahlenverhältnis der mangelhaft zu den ausreichend und besser lautenden Analysen berücksichtigt und das Urteil trotz des rechnerischen „ausreichend“ als mangelhaft bei starkem Wechsel (5) festgesetzt worden.

Als mangelhaft (5) wurden alle Böden bezeichnet, bei denen sich bei Interpolation der Wert 4,2 bei einem Verhältnis der mangelhaften zu ausreichenden und besseren Böden von 9:4 und mehr (9:3 oder 10:4 z. B.), der Wert 4,3 bei einem Verhältnis von 7:4 und mehr, der Wert 4,4 bei einem Verhältnis von 5:4 und mehr ergab.

Die arbeitsmethodischen Erörterungen über die Aufstellung der Tabellen sollen abgeschlossen werden mit der Entkräftung des Einwandes, daß es gewagt erscheint, über eine Ortschaft in bezug auf den Nährstoffgehalt ihrer Böden aus wenigen vorliegenden Analysen ein Urteil zu fällen. Dazu ist zu bemerken, daß es sich 1. im Zuge einer Raumforschungsarbeit nicht um ein endgültiges Urteil handelt, 2. nur eine Auswertung vorliegenden Materials durchgeführt wurde, 3. der Boden ein derartig komplexes Gebilde, vielleicht einen der kompliziertesten Forschungsgegenstände überhaupt darstellt, bei dem auch durch noch so zahlreiche Analysen nur eine asymptotische Annäherung an die wirklichen Verhältnisse erreicht werden kann. Schon die Analysenmethoden, über deren Brauchbarkeit die Urteile noch auseinander gehen, sind zur Zeit in ihrer Entwicklung nicht abgeschlossen und geben nur relativ brauchbare Resultate (14), obgleich die „Neubauer-Werte“ heute maßgebend für die Wirtschaftsberatung sind.

Die nächste Aufgabe bestand darin, zu ermitteln, wieviel Prozent der untersuchten Orte eines Kreises neutralen, schwach sauren und stark sauren Boden besitzen und wieviel Prozent der Ortschaften mangelhaft, ausreichend, befriedigend und gut mit K_2O und P_2O_5 versorgt sind.

Es wurde dazu das in der Urteilsspalte jedesmal angegebene Urteil benutzt; denn würde man ohne Rücksicht auf die Ortsgrenzen alle mangelnden ausreichenden usw. Analysen eines Kreises der Berechnung zugrunde legen, ergäbe sich ein völlig falsches Bild für den Kreis. Es könnte und würde dabei der Fall eintreten, daß in einer Ortschaft z. B. 45 Analysen auf gut lauten, in 10 anderen Orten aber nur insgesamt so viele mangelhaft lautende Analysen vorliegen und sich dann für die Gesamtfläche dieser 11 Ortschaften das Urteil ausreichend ergeben würde.

Dieser Fehler kehrt bei fast allen Untersuchungen anderer Landesteile des Deutschen Reiches wieder (Ostpreußen, Freistaat Sachsen, Bayern und Schleswig-Holstein, vgl. a. O.).

Die prozentuale Verteilung der Reaktionsbreiten innerhalb eines Kreises wurde in Tabelle 4 für ganz Mecklenburg mit seinen 13 Kreisen zusammengestellt.

Es soll zum Abschluß der methodischen Erläuterungen noch kurz auf den letzten Arbeitsgang, die kartenmäßige Darstellung der Ergebnisse, eingegangen werden.

Wie schon erwähnt, wurde mit Hilfe der Schlüsselkarte und des Ortsverzeichnisses in eine Serie von Gemeindegrenzenkarten das Urteil über Kaligehalt, in eine andere Serie der Phosphorsäuregehalt eingetragen. Für die p_H -Messungen wurde keine besondere Karte angefertigt. Die Zusammenhänge zwischen Kali- und Phosphorsäuregehalt des Bodens und Aziditätsverhältnissen lassen sich auch anders ermitteln (Tabellen 2 und 3).

Um nun auf den Karten sofort von dem Nährstoffzustand ein klares Bild gewinnen zu können, wurden die gut versorgten Böden hellbraun, die mangelhaft versorgten dunkelbraun und die ausreichend und befriedigend versorgten mittelbraun gezeichnet. Diese 3-Farbenskala entspringt dem Bedürfnis nach Übersichtlichkeit und Anschaulichkeit. In der Karte erscheinen damit die Unterschiede zwischen der Beurteilung nach Wießmann und den Grenzzahlen nach Neubauer gemildert, da die mittelbraune Farbe bei einem P_2O_5 -Gehalt von 3 bis 6 mg und einem K_2O -Gehalt von 15 bis 30 mg in Erscheinung tritt, also Böden umfaßt, die wohl nach beiden Urteilsmethoden als ausreichend versorgt angesprochen werden können.

Um überhaupt eine Karte zu erhalten, die nicht nur fleckenweise Ausfüllung zeigt, mußten die Orte, für die keine Analysen vorlagen, sinngemäß mit Farbe versehen werden. Die Arbeit des Durchzeichnens ist mit größter Vorsicht durchgeführt worden. Es wurden zunächst die Kreise ausgezeichnet, für die eine große Anzahl von Orten analysenmäßig erfaßt ist. Dabei hat es sich herausgestellt, daß in der K_2O -Gehaltkarte nur selten gut versorgte Böden neben mangelhaft versorgten liegen. Meist schieben sich zwischen diese beiden Extreme ausreichend versorgte Böden als Übergänge ein. Nachdem diese Erkenntnis gewonnen war, brauchte nur noch

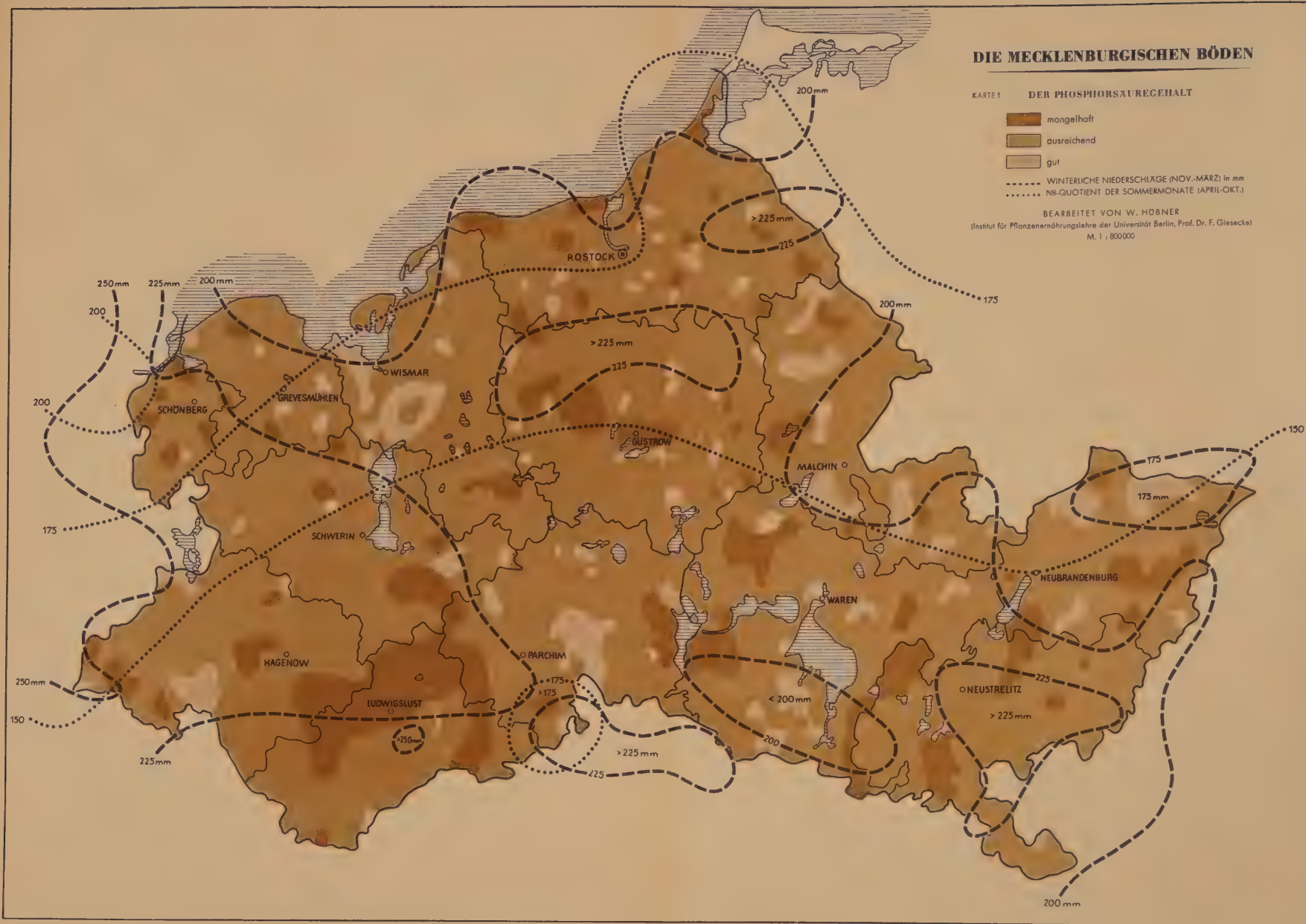
DIE MECKLENBURGISCHEN BÖDEN

KARTE 1 DER PHOSPHORSÄUREGEHALT

- mangelhaft
- ausreichend
- gut

--- WINTERLICHE NIEDERSCHLÜGE (NOV.-MÄRZ) in mm
 NS-QUOTIENT DER SOMMERMONATE (APRIL-OKT.)

BEARBEITET VON W. HÖBNER
 (Institut für Pflanzenernährungslehre der Universität Berlin, Prof. Dr. F. Giesecke)
 M. 1 : 800 000



die Wahl zwischen benachbarten Urteilen von Fall zu Fall durch Schätzung getroffen werden, um die zu wählende Farbe zu bestimmen. Diese Schätzung gestaltet sich aus Gründen, die später zu erörtern sind, nicht allzu schwierig, zumal für die Tabelle 4 hinzugezogen wurde, die Einblick gewährt in die Wahrscheinlichkeit, mit der für die Orte eines bestimmten Kreises mangelhaft, ausreichend-befriedigend und gut versorgte Böden zu erwarten sind.

Schwieriger war die Schätzung bei der P_2O_5 -Gehaltkarte, da beim Phosphorsäuregehalt häufig der Fall vorliegt, daß extrem versorgte Böden sich berühren. Aus Gründen, die ebenfalls später erläutert werden, läßt sich für größere, nicht untersuchte Gebiete hier kein sicheres Urteil fällen. Diese Karte steht daher im Werte hinter der K_2O -Gehaltkarte zurück.

Von den einzelnen Kreisen des Landes Mecklenburg sind Ludwigslust und Hagenow am schlechtesten untersucht. Hier hätte eine systematische Erforschung durch Bodenanalysen zuerst einzusetzen. Da es sich in beiden Kreisen um Gebiete mit ziemlich einheitlichen Sandböden handelt, ist jedoch die Gefahr der Verschätzung nicht allzu hoch zu veranschlagen.

Das erste Ergebnis der Arbeit besteht darin, daß auf Grund des vorliegenden Analysenmaterials (Tafel 5) die Tabelle 4 mit den Angaben der prozentualen Verteilung der Aziditätsverhältnisse und der K_2O - und P_2O_5 -Gehalte in den einzelnen Kreisen des Landes Mecklenburg aufgestellt werden konnte, und daß ferner die Analyseergebnisse in ihrer örtlichen Verteilung kartographisch in der Gemeindegrenzenkarte festgelegt wurden.

Diese mehr statistische Auswertung, deren Methodik erläutert wurde, war unumgänglich, wenn überhaupt kausale Beziehungen zum geologischen Untergrund und Klima gefunden werden sollten.

Die Klärung dieser Beziehungen stellt den zweiten Teil der Arbeit dar.

Eine geologische Karte liegt vor und konnte als Unterlage benutzt werden (15).

Bei der Klärung der Beziehungen zwischen Nährstoffgehalt der Böden und Klima wurde bewußt auf eine eingehende Erörterung der Zusammenhänge zwischen Klima und Bodenbildung verzichtet. Diese Zusammenhänge mögen leichter zu erfassen sein, wenn es sich um große Gebiete mit extremen Klimaunterschieden handelt, scheinen aber für kleinere Landesteile vor der Hand überhaupt nicht erfaßbar zu sein. Für die chemischen Vorgänge der Bodenbildung — es handelt sich vor allem um Oxydationsvorgänge, Hydrolysen usw. — sind nicht allein die Niederschläge, sondern darüber hinaus Temperatur, Grundwasserstand, Lagerungsverhältnisse des Bodens, Kolloidbestand, Reaktionsverhältnisse usw. mitverantwortlich.

Greift man selbst aus dieser verwirrenden Fülle von Faktoren nur die klimatischen (Niederschlag und Temperatur) heraus, so müßte man aus ihnen zunächst einmal ein Bild von der wirklichen

Durchfeuchtung des Bodens zu entwerfen versuchen. Die in dieser Richtung gemachten Versuche — Regenfaktor von R. Lang (16) und vor allem N.-S.-Quotient von A. Meyer (17) — stellen sicher einen großen Fortschritt dar gegenüber der einfachen Einbeziehung der Niederschläge in die Vorgänge der Bodenbildung und besitzen für extreme Klimaunterschiede volle Berechtigung.

Soll die Durchfeuchtung ermittelt werden, so muß vom Niederschlag die Verdunstung abgerechnet werden. Die exakte Ermittlung dieser Verdunstungsgröße nun hat bisher allen Ermittlungsversuchen getrotzt. Weder Temperatur (R. Lang) noch Sättigungsdefizit (A. Meyer) geben ein einwandfreies Maß für sie. Schon die Tatsache, daß die Verdunstung bei gleicher Lufttemperatur und gleichem Sättigungsdefizit der Luft vollkommen andersartig verläuft bei einer freien Wasserfläche als beim Boden, bei diesem wieder unterschiedlich je nach Pflanzenbestand und Grundwasserstand (18), zeigt, wie weit wir von einer richtigen Ermittlung dieser Größe entfernt sind. Es sind bei Erwähnung dieser Unterschiede noch nicht einmal Luftbewegung, Bodenart und Lagerung des Bodens als weite wichtigere Faktoren der Verdunstung genannt worden.

Trotz der nur relativen Brauchbarkeit des N.-S.-Quotienten als Maß für die Durchfeuchtung ist dieser für die wärmere Jahreszeit (April bis Oktober), die ja für die Bodenbildung fast allein ausschlaggebend ist, ermittelt und in die Karten eingezeichnet worden.

Die Unterlagen (Niederschläge, Temperaturen und relative Luftfeuchtigkeit der angegebenen Monate) wurden mir vom Reichsamt für Wetterdienst dankenswerterweise überlassen.

Es muß aber nochmals darauf hingewiesen werden, daß infolge der wenigen Stationen, für die im Lande Mecklenburg diese klimatischen Größen registriert werden, die Karte der Isorithmen (Orte mit gleichem N.-S.-Quotienten) nur bedingt richtig sein kann, und daß die aus dieser Karte an späterer Stelle gezogenen Folgerungen nur als Anregungen zu weiteren Untersuchungen gedacht sind.

Weit mehr als das soeben angeschnittene Problem interessierte bei der vorliegenden Arbeit die Frage, wie sich die in unserem Klima vorhandene Versickerung des Wassers im Nährstoffhaushalt unserer Böden auswirkt. Um dieser Frage des Nährstoffverlustes durch Auswaschung näher zu treten, mußten zunächst einmal Untersuchungen angestellt werden, in welchen Monaten überhaupt Sickerwassermengen dem Grundwasser zuströmen.

Es sollen im folgenden diese Ermittlungen kurz skizziert werden.

Betrachtet man die Messungen des Grundwasserstandes im Abflußgebiet der Elbe und im Küstengebiet der Ostsee, die im Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands (19) von 1916—1935 verzeichnet sind, so zeigt sich, daß im November das Ansteigen des Grundwassers beginnt und sein höchster Stand im März erreicht ist. Dieses Ansteigen wird ausschließlich durch Sickerwassermengen verursacht.

DIE MECKLENBURGISCHEN BÖDEN

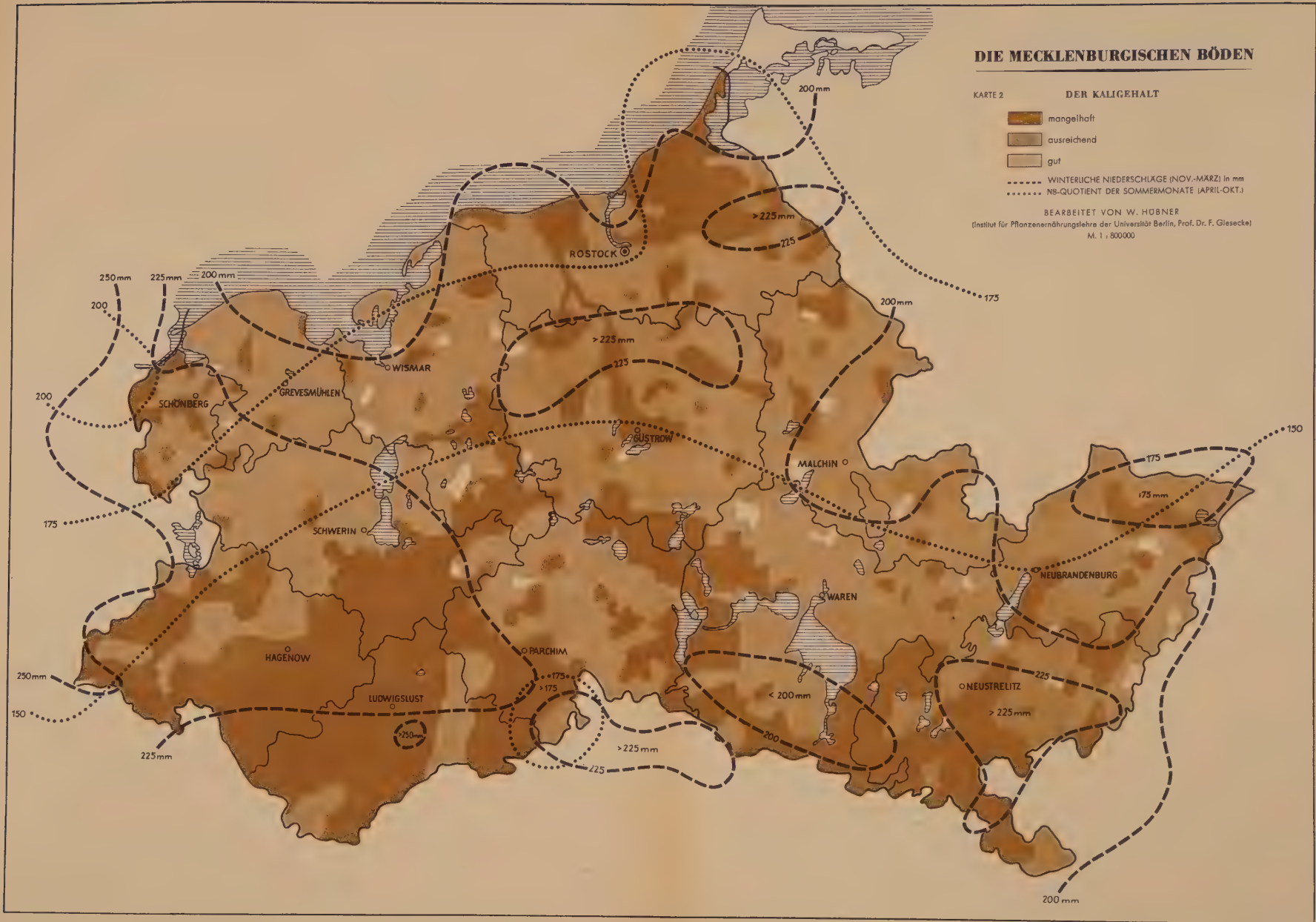
KARTE 2

DER KALIGEHALT

-  mangelhaft
-  ausreichend
-  gut

-  WINTERLICHE NIEDERSCHLÄGE (NOV.-MÄRZ) in mm
-  NS-QUOTIENT DER SOMMERMONATE (APRIL-OKT.)

BEARBEITET VON W. HÖBNER
(Institut für Pflanzenernährungslehre der Universität Berlin, Prof. Dr. F. Giesecke)
M. 1 : 800 000



Dieser erste Hinweis war sehr wichtig, allein er bedurfte der Ergänzung, zumal Mecklenburg hydrographisch ein Sondergebiet darstellt.

Es wurden deshalb die Beobachtungen über Grundwasserschwankungen hinzugezogen, die an Hand von Brunnenmessungen im Lande Mecklenburg selbst gemacht worden sind (C. Sass (20), E. Geinitz (21), J. Lütjen (22)). Naturgemäß scheiden für unsere Untersuchungen alle jene Brunnen aus, die von offenen Gewässern und Grundwasserströmen gespeist werden und damit weitgehend unabhängig von dem meteorologischen Verhältnissen sind. Bei allen anderen Brunnen, mögen sie im Geschiebelehm oder im Talsand liegen, zeigt sich eine klare Abhängigkeit des Spiegelstandes von den Niederschlägen. Das Minimum des Grundwasserstandes liegt im Oktober-November, das Maximum im März-April. Als zusammenfassendes Ergebnis der 3 angeführten Untersuchungen läßt sich feststellen: tiefster Grundwasserstand im Oktober, höchster Stand im März. Mit wenigen Ausnahmen erfolgt das Absinken des Grundwasserspiegels trotz sommerlicher Niederschläge von Anfang April bis Ende Oktober stetig, ein Zeichen dafür, daß diese Niederschläge den Grundwasserspiegel nicht erreichen, also für die Auswaschung von Nährstoffen nicht in Frage kommen.

Bestätigt werden diese Arbeiten auch durch die in Eberswalde an Lysimetern durchgeführten sehr exakten Untersuchungen von J. Bartels und J. Schubert (23). Es zeigte sich bei ihnen, daß in der Zeit vom April bis Ende August 1934 bei einem Bestand von 5jährigen Kiefern auf Sand in 1 m Tiefe nur ein Durchfluß von 3 mm zu beobachten war, von Mai bis Anfang Dezember 1935 sogar kein Durchfluß aufgefangen wurde.

Es können also nach den eben skizzierten Untersuchungen nur die winterlichen Niederschläge der Monate November bis März für den Nährstoffentzug angesetzt werden. Diese dienen zunächst dazu, den Boden bis zur Wasserkapazität aufzufüllen. Da jedoch die Speicherkraft leichter Böden gering ist, wird dort ein erheblicher Teil des Wassers versickern und damit Nährstoffe entziehen können.

Geringer ist die Auswaschung bei schweren Böden, die oft vermöge ihrer größeren Kapazität alle Niederschläge aufspeichern. Sind die Niederschlagsmengen größer als die zur Auffüllung der Kapazität erforderlichen Wassermengen, so wird nur ein Teil dieses Überschusses versickern, während ein anderer Teil wegen der geringen Sickergeschwindigkeit in schweren Böden abfließt, zumal im oft stark welligen Gelände der Grundmoränenlandschaft.

Es wurden deshalb aus den nach 40jähriger Beobachtung vom Reichsamt für Wetterdienst zusammengestellten monatlichen Niederschlagstabellen die Niederschläge der Monate November bis März für die einzelnen Stationen im Lande Mecklenburg ermittelt und danach eine Niederschlagskarte angefertigt, die in die Karten des Nährstoffgehaltes eingezeichnet wurde.

Es wurden diesmal die Niederschläge direkt angesetzt und nicht

der N.-S.-Quotient errechnet; denn die Verdunstung ist im Winter außerordentlich gering.

J. Bartels (24) hat nachgewiesen, daß die durchschnittliche Tagesverdunstung im Winter nur 7% der sommerlichen Tagesverdunstung beträgt; an klaren Wintertagen ohne Schneedecke kann sogar in der Zeit zwischen 14—8 Uhr infolge der tieferen Bodentemperatur eine Kondensation eintreten; selbst bei Vorhandensein einer Schneedecke war die Verdunstung sehr klein.

Seelhorst und Koehne (25) setzen für die verschiedensten Böden mit verschiedenen Feldfrüchten die winterliche Verdunstung mit 8,2% der jährlichen Verdunstung an.

Aus den Untersuchungen von W. Friedrich (18) ist ersichtlich, daß im ganzen Winter 35—50 mm verdunsten, die Verdunstung bewachsener und unbewachsener Flächen kaum Unterschiede zeigt und in dieser Jahreszeit unabhängig vom Grundwasserstand verläuft. Die Lysimeterversuche in Eberswalde zeigten andererseits während der Monate November bis März hohen Wassergehalt des Bodens und großen Durchfluß an (26).

Die geringe und vor allem für die verschiedensten Verhältnisse gleichartige Verdunstung hat ihre Ursache in der hohen Luftfeuchtigkeit und der tiefen Temperatur der Wintermonate. Die Monate November bis März zeigen nach den Statistiken des Reichsamtes für Wetterdienst eine durchschnittliche Tagestemperatur von weniger als 5° C. Bei dieser Temperatur sinkt das Pflanzenwachstum und damit der Wasserverbrauch, sofern überhaupt Pflanzenbestand vorhanden ist, praktisch bis fast auf Null.

Tatsächlich zeigten die für die Wintermonate errechneten Sättigungsdefizite so geringe Unterschiede — die relative Luftfeuchtigkeit schwankt in Mecklenburg im Winter zwischen 87 und 90%, die Temperatur zwischen 1,1° und 1,7° C bei den einzelnen Stationen — daß die N.-S.-Quotienten doch nur das Bild der verschiedenen starken Winterniederschläge abgebildet hätten. Da sich nun aber nur für ganz wenige „Stationen höherer Ordnung“ die N.-S.-Quotienten ermitteln lassen, Niederschlagsmessungen jedoch für eine Vielzahl von „Regenstationen“ vorliegen, mußte die Niederschlagskarte wertvoller als die der N.-S.-Quotienten erscheinen.

Das Ergebnis der soeben angestellten Überlegungen besteht darin, daß für die Auswaschverluste unserer Böden an Nährstoffen stets nur die winterlichen Niederschläge verantwortlich zu machen sind. Wird gedankenlos die Jahresniederschlagskarte benutzt, so begeht man den Fehler, Niederschläge für die Auswaschung anzusetzen, die für diese gar nicht in Frage kommen.

Der Vergleich der winterlichen Niederschlagskarte mit der Karte des Kaliegehaltes zeigt, daß die dunkelbraun gekennzeichneten, mangelnd mit Nährstoffen versorgten Flächen und von den mittelbraunen Flächen, die ausreichende und befriedigende Versorgung umfassen, die ausreichend versorgten zum großen Teil in das niederschlagsreichere Gebiet mit winterlichen Niederschlägen von mehr als 225 mm entfallen.

Die befriedigend und gut versorgten Flächen liegen mit geringen Ausnahmen in den regenärmsten Teilen des Landes. Natürlich dürfen nur Flächen mit gleichen Bodenarten verglichen werden,

die als geologisch gleichwertig bezeichnet werden können. Da in den K_2O - und P_2O_5 -Gehaltkarten geologische und klimatische Einwirkungen sich überschneiden, die geologischen aber, wie gleich zu beweisen sein wird, sich stärker durchsetzen, ist es zweckmäßig, den Untersuchungen über die Klimaeinflüsse die der geologischen Einflüsse voranzustellen.

Betrachtet man den geologischen Aufbau Mecklenburgs (27) und seine geographische Gliederung, so fallen zunächst die beiden baltischen Endmoränen auf, die dem sich nach NW abdachenden Land eine deutliche Dreiteilung aufprägen. Die im wesentlichen nach NW streichenden, mit vielen Einzelbögen versehenen Moränen lassen zwischen sich die Mecklenburgische Seenplatte. Nordöstlich davon liegt die „baltische Vorstufe“, südwestlich davon ein Niederungsgebiet. Ganz Mecklenburg ist bedeckt mit diluvialen Bildungen, deren Dicke sehr schwankend, immer aber sehr mächtig ist.

Die nördliche Hauptmoräne findet Anschluß an die Endmoränenbildungen in Holstein und der Mark. Auch die südliche Hauptmoräne zeigt entsprechende Anschlüsse. Auf die teilweise im Ansatz vorhandenen Zwischenstadien braucht hier nicht näher eingegangen zu werden, da der Aufbau nur in großen Zügen klargelegt werden soll. Nördlich der nördlichen Hauptmoräne, die eine spätere Stillstandslage des Eises als die südliche Hauptmoräne darstellt, finden wir die Geschiebelehmgebiete der Grundmoränenlandschaft, nur unterbrochen von den Sanden der Rostocker Heide und einigen Sandgebieten in der Nähe von Wallbergzügen. In dieser baltischen Vorstufe finden sich, wie in allen Teilen des Landes, typisch glaziale Bildungen: Wallberge, Drumlins, Radial- und Marginaltäler, große Randseen in den Zungenbecken, kleinere Seen in den glazialen Rinnenformen, Sandur usw.

Die Seenplatte, die sich zwischen den fast parallelen Hauptmoränen (40 km Abstand) befindet, zeichnet sich durch ausgedehnte Sandur aus, die allerdings oft von durchragenden Geschiebelehmflächen unterbrochen werden (z. B. westlich der Müritz, des Plauer Sees und westlich, zum Teil auch östlich des Schweriner Sees).

Das südwestliche Niederungsgebiet besitzt zum größten Teil Sandboden. In der Nähe der südlichen Hauptmoräne sind die oft typisch ausgebildeten Sandur noch stark mit Steinen untermischt. Je größer jedoch die Entfernung von der Moräne wird, desto mehr finden wir Übergänge zu ausgesprochenen Heide- und Talsanden. Grundmoränenboden (Geschiebelehm) findet sich in größeren Flächen in diesem Sandgebiet zwischen Hagenow und Wittenburg, ferner südwestlich von Parchim bis zur Landesgrenze.

Während in die Flußläufe der baltischen Vorstufe und Seenplatte oft Stau- und Rinnenseen eingeschaltet sind, finden sich an den Ufern der Flüsse des Niederungsgebietes fast nur Moorbildungen. In dem südwestlichen Niederungsgebiet bedürfen die Mooster (in dem Dreieck Parchim—Lübz—Marnitz gelegen) und die Lewitz (in dem Dreieck Parchim—Neustadt—Schwerin) als

ehemalige Staubecken einer besonderen Kennzeichnung. Die Mooster besteht aus Sand, die Lewitz aus moorigem Sand (Stauseebildung). Das Elburstromtal zieht sich in einer Breite von 10 bis 12 km von SO nach NW und ist mit Talsanden, Schlickauflagerungen und Moorbildungen ausgefüllt.

Geographisch wäre noch zu bemerken, daß die beiden Hauptmoränen die Wasserscheide in Mecklenburg bilden (28). Im N wird nach NO entwässert zum baltischen Urstromtal, im S nach SW zum Elburstromtal.

Wenn für die Klärung der kausalen Zusammenhänge zwischen Nährstoffgehalt der Böden und geologischem Untergrund die geologische Übersichtskarte von Geinitz und nicht die Bodentypenkarte von Frhr. v. Hoyningen-Huene (29) zugrunde gelegt wurde, so waren dafür zwei Gründe maßgeblich.

1. Es gilt in groben Zügen, daß die Geschiebelehmflächen im Typ als ungebleichte oder schwach bis mäßig gebleichte braune Waldböden wieder erscheinen, die Sandflächen als schwach bis mäßig gebleichte rostfarbene Waldböden sich darstellen. Als weitere Typen von untergeordneter Bedeutung erscheint die Rostocker Heide als nasser Waldbodentyp, das Elburstromtal als gebleichter mineralischer Naßbodentyp und die Flußtäler als organische Bodentypen (Moorböden). Damit besteht also eine klare Abhängigkeit des Bodentyps von der Bodenart, in die das Klima nur modifizierend eingreift.

2. Die Bodentypenlehre befindet sich noch so stark in der Entwicklung, und die Anschauungen ihrer Vertreter divergieren noch so sehr, daß es ratsam erschien, sie für die Arbeit zurückzustellen.

Als Beispiel hierfür diene die Beschreibung der braunen Waldböden in Mecklenburg durch K. I. h n e n (30). Er charakterisiert sie folgendermaßen: „Auftreten hauchdünner Humusüberzüge auf den natürlichen Spaltflächen des Bodens und als Innenauskleidungen der Wurzel- und Wurmgänge. Je deutlicher diese Merkmale auftreten, desto gesünder und leistungsfähiger ist der Standort.“ W. Laatsch (31) stellt dieser rein morphologischen Typenbeschreibung die Ansicht der kolloidchemischen Bodenforschung gegenüber, die als braune Waldböden solche mit größtmöglichem Tonaufbau ohne Anzeichen von humussaurer Solwanderung (Podsolierung) bezeichnet. Die Braunfärbung entsteht nicht durch kolloidale Durchschlammungserscheinungen, sondern durch Eisenoxhydroxyhydratabspaltung. Für Laatsch bedeuten die Humusüberzüge im B-Horizont sichere Anzeichen von im Solzustand durchgeschlammten Huminsäuregelen. Diese Durchschlammung tritt aber nur bei Mangel an 2wertigen Kationen (Ca^{++} und Mg^{++}) ein und stellt dann keineswegs einen sehr gesunden Zustand mehr dar, da die Tonkomplexe durch Sauerhumus zerstört und in den Unterboden eingewaschen worden sind.

Es lag nahe, zwischen den beiden Auffassungen der Bodentypenlehre eine Entscheidung zu versuchen. Tatsächlich haben die pH -Messungen der Böden, die als braune Waldböden verzeichnet sind, diese als zum großen Teil stark-mäßig sauer erwiesen. Da der Arbeit keine pH -Wertkarte beigegeben wurde, hat Verfasser eine solche für den besonders genau untersuchten Kreis Schönberg angefertigt⁴⁾. Vergleicht man nun diese Karte mit der Bodentypen-

⁴⁾ Die pH -Wertkarte wurde bei der Drucklegung aus drucktechnischen Gründen weggelassen.

karte, so zeigt sich, daß ein großer Teil der Böden, die als un-gebleichter brauner Waldboden dort verzeichnet sind, nach seinen p_H -Werten als stark sauer bezeichnet werden muß.

In der Tabelle 1 sind einige Böden angeführt, die anläßlich der Auswahl von Musterstücken für die Reichsbodenschätzung in

Tabelle 1.

Ort (Kreis)	Bodenart	Bodentyp	pH im Horizont			Urteil
			A	B	C	
Lübberstorf (Wismar)	SI	Brauner Waldboden schwach gebleicht	5,9	5,5	5,4	sa'
Malow (Parchim)	IS	schwach gebleicht	4,6	5	5,3	sa
Lübow (Wismar)	IS	schwach gebleicht	4,3	4,9	5,5	sa
Gägelow (Wismar)	SL	schwach gebleicht	4,4	4,9	5,1	sa
Ravensberg (Wismar)	IS	schwach gebleicht	4,8	5	4,5	sa
Severin (Parchim)	SI	mäßig gebleicht	5,4	5,7	7	sa'
Brook (Parchim)	SL	mäßig gebleicht	5,1	5,4	5,5	sa
Gutow (Güstrow)	sL	Rostfarb. Waldboden schwach gebleicht	6,9	7,1	7	ka!
Karow (Parchim)	S	schwach-mäßig gebleicht	5,2	5,5	5,8	sa'
Witzin (Wismar)	S	schwach-mäßig gebleicht	4,2	4,5	5	sa
Dobbertin (Parchim)	S	schwach-mäßig gebleicht	4,1	4,3	0	sa

Anmerkung: Die meisten p_H -Zahlen sind charakteristisch für Geschiebelehm Böden; sie zeigen die mit der Tiefe abnehmende Entkalkung. Rostfarbene und braune Waldböden gehen der gleichen Oberbodenverarmung entgegen.

Mecklenburg genau untersucht und beschrieben worden sind. Aus dieser Tabelle folgt die ganze Unsicherheit, die heute noch der Bodentypenlehre anhaftet. Mit der Bezeichnung „braune Waldböden“ oder „rostfarbene Waldböden“ ist zunächst nur der Unterschied sichtbar gemacht worden, daß erstere auf Lehm-, die anderen auf Sandböden in der Regel sich entwickelt haben. Ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden besteht aber nicht, denn sie können gleiche Oberbodenverarmung darstellen (32). Der äußerliche Farbunterschied entsteht dadurch, daß unter Lehm im B-Horizont eisenärmere Humus- und Huminsäuregele, unter Sand eisenreichere, humusarme Gele ausgeflockt werden. Aus der Tabelle 1 wird sichtbar, daß sowohl in braunen wie in rostfarbenen Böden sehr stark saure Reaktion herrschen kann. Eine Abgrenzung

aus inneren, dynamischen Gründen, nach der Reaktion etwa, besteht also nicht. Aber selbst innerhalb einer Gruppe — z. B. schwach gebleichte braune Waldböden — zeigen sich Reaktionsunterschiede von neutral bis stark sauer; es kommen sogar Fälle vor, in denen der schwach gebleichte braune Waldboden stärker sauer reagiert als der mäßig gebleichte. — Erst wenn die äußerliche Typenbeschreibung (z. B. brauner Waldboden ungebleicht, schwach gebleicht, mäßig gebleicht) mit der inneren Dynamik dieser Böden (Vorhandensein adsorbierender Komplexe, Versauerungszustand usw.), die sich zum Teil durch die p_H -Werte kennzeichnen ließe, verknüpft wird, werden die Typen für die Praxis bedeutungsvoll. Der Praktiker könnte dann aus der zunehmenden Bleichung auf zunehmende Versauerung des Bodens schließen und hätte damit ein wesentliches Kennzeichen erfaßt.

Es ist ferner nicht ganz ersichtlich, weshalb bei gleichem geologischen Untergrund in den Kreisen Stargard und Neustrelitz (Geschiebelehm) sowohl nach der Typenkarte zugrunde gelegten Niederschlagskarte von Hellmann, wie auch nach den Niederschlagskarten des Reichsamtes für Wetterdienst und der winterlichen Niederschlagskarte die ungebleichten braunen Waldböden im feuchteren Teil des Landes (Norden von Neustrelitz), die gebleichten im trockneren Teil (Süden von Stargard) liegen.

Ein noch krasserer Beispiel bietet ein Vergleich der Kreise Schönberg, Malchin, Stargard, Rostock und Wismar. Schönberg besitzt ungebleichte braune Waldböden, alle anderen Lehmböden sind schwach bis mäßig gebleicht. Schönberg hat aber höhere Jahres- und Winterniederschläge und einen größeren N.-S.-Quotienten der Sommermonate als Malchin und Stargard und größere Winterniederschläge und einen größeren N.-S.-Quotienten als Wismar und Rostock. Andererseits zeigt Grevesmühlen keinen besseren Bodentyp als das viel niederschlagsreichere Schönberg.

Es läßt sich nicht leugnen, daß die von mir zur Kritik herangezogenen Momente untereinander bestens übereinstimmen. Die p_H -Werte für den Kreis Schönberg zeigen, wie stark sauer die Böden dieses Kreises sind und wie sie in Übereinstimmung mit den Feuchtigkeitsverhältnissen stehen. Aus der Tabelle 4 läßt sich leicht ablesen, daß keiner der angeführten Kreise so saure Böden zeigt wie das feuchte Schönberg. Wenn Rostock scheinbar noch ungünstigere p_H -Werte aufweist, dann nur deshalb, weil in der Tabelle 4 auch die Sand- und Naßböden dieses Kreises einbegriffen sind und die Verschiebung bedingen.

Aus der vorliegenden Problematik wurde die Folgerung gezogen, statt der Typenkarte die geologische Karte mit den Bodenarten für die weiteren Untersuchungen als Unterlage zu benutzen.

Während Stremme und seine Schule die Bodentypen nach den Ursachen (bodenbildende Kräfte) und dem Ergebnis (Bodentyp) der Bodenbildung klassifizieren, also die innere Dynamik (Ablauf der bodenbildenden Prozesse) ablehnen, bildet diese für Laatsch den Maßstab der Klassifikation. Damit die Ganzheit Boden aber

wirklich durchforscht werden kann, wäre es wünschenswert, wenn zwischen den extremen Anschauungen eine Synthese gefunden würde, dergestalt, daß gleichzeitig der Landschaftstyp, die daraus folgende typische Dynamik der inneren Bodenbildung und der sich dann ergebende Bodentyp ins Blickfeld zu rücken wären (vgl. hierzu die klare Einstellung Taschenmachers (33) zu den Methoden der Bodentypenlehre).

Vergleicht man die Karte, in der die Urteile über den Phosphorsäuregehalt eingezeichnet sind, mit der geologischen Bodenkarte, so ist auf den ersten Blick zu erkennen, daß kein Kausalzusammenhang zwischen Bodenarten und Phosphorsäuregehalt besteht. Nur in den fast reinen Sandböden der SW-Heidegebiete liegen zusammenhängendere Gebiete ausgesprochenen Phosphorsäuremangels. Da aber in diesem Landesteil weniger Bodenanalysen vorliegen, herrscht Ungewißheit darüber, ob es sich hier tatsächlich um zusammenhängende Flächen handelt und ob dieser Tatbestand endgültig ist. Des weiteren fällt an der Karte der schroffe Wechsel zwischen mangelhaft und gut, beziehungsweise ausreichend versorgten Böden auf, so daß sich das Bild nesterartig verteilter Phosphorsäure dem Beschauer aufdrängt. Während bei der Kaligehaltkarte fast immer zwischen gut und schlecht versorgten Böden Übergänge mit ausreichender Versorgung vorhanden sind, fehlen diese hier ganz.

Die Deutung des gesamten Tatbestandes ist folgende: im Gegensatz zum adsorbtiv gebundenen Kali findet sich die Phosphorsäure nur in chemischer Bindung. Die Verbindungen bestehen in kalkhaltigen Böden aus Kalziumphosphat. Wird der Boden ausgelaugt und verschwindet damit der Kalk aus der Krumenschicht, so wird die Phosphorsäure an Aluminium oder Eisen gebunden. Alle Versuche — es handelt sich hierbei in der Hauptsache um Lysimeterversuche und Analysen von Dränagewässern — stellen übereinstimmend die geringe Auswaschbarkeit und damit Beweglichkeit der Phosphorsäure fest. Den Lysimeterversuchen haftet der Mangel an, daß für sie niemals der gewachsene Boden in seiner natürlichen Lagerung vorliegt; ferner werden durch Lysimeter die Kapillarkräfte des Bodens, die das gesunkene Wasser wieder heben und damit einen Teil der ausgewaschenen Nährstoffe dem Boden zurückgeben, ausgeschaltet; denn was einmal durch den Boden gesickert ist, fließt in die Lysimeteranlage und ist dem Kreislauf entzogen. Ebenfalls kann die dichtere Lagerung des Bodens, die zuweilen in stark verdichteten Horizonten den Abfluß des Sickerwassers aufhält, im Lysimeter nicht nachgeahmt werden. Trotzdem sind die Lysimeterversuche vortrefflich geeignet, sich ein Bild von der relativen Nährstoffabwanderung im Sickerwasser zu bilden. Der absolute Verlust ist hier gegenüber dem gewachsenen Boden aus angeführten Gründen zu hoch.

Die ersten Lysimeterversuche wurden von Zöller 1857–1860 angestellt. W. Gerlach (34) weist in seinen Lysimeterversuchen nach, daß Phosphor-

säure quantitativ im Sickerwasser überhaupt nicht zu bestimmen war. Die Darmstädter Lysimeterversuche von Schmitt (35) ergaben, daß Düngersäure in der verschiedensten Form in der Krume restlos festgelegt wurde. Die Festlegung in der Krume und geringe Beweglichkeit wird ferner von A. Hock (36) und von Th. Roemer (37) bestätigt. A. Wilhelmj (38) gibt an, daß in den oberen 0–20 cm, also in der Krume, $\frac{3}{4}$ aller Düngersäure festgelegt wird. Im Forschungsdienst berichtet C. Pfaff (39), daß auch in seinen Lysimeterversuchen der Phosphorsäureverlust praktisch vernachlässigt werden konnte. Der letzte Hinweis auf diesen Tatbestand findet sich bei F. Kertscher (40).

Allen diesen Untersuchungen ist aber nicht nur die Feststellung der geringen Phosphorsäureauswaschung gemein, sondern diese Tatsache wird vor allem deshalb bedeutungsvoll, weil sie für die verschiedensten Bodenarten gilt und damit die Schwerbeweglichkeit der Phosphorsäure in jedem Fall wahrscheinlich macht.

Sind damit die Zusammenhänge zwischen P_2O_5 -Gehalt und Bodenarten geklärt, so bleibt noch zu untersuchen, welche Beziehungen zwischen diesem und dem Säurezustand und Niederschlag bestehen.

Die oftmals festgestellte Parallelität zwischen p_H -Zahlen und P_2O_5 -Gehalt (41) steht im Widerspruch zur Schwerbeweglichkeit der Phosphorsäure und zu deren nesterartiger Verteilung. Unterzieht man die zitierten Arbeiten einer genauen Kritik, so zeigt sich, daß in ihnen für größere Bezirke die P_2O_5 -Mangelböden und ebenso die sauren Böden prozentual berechnet wurden. Ganz außer acht blieb jedoch, wenn mit wachsender prozentualer Versauerung in den einzelnen Bezirken auch der prozentuale Phosphorsäuremangel stieg, ob der mangelhafte Phosphorsäuregehalt jeweils von Analysen stammte, die stark saure Reaktion aufwiesen. Eine Untersuchung (42), die sich auf 166 Böden bezieht, vermeidet diesen Fehler und stellt bei jedem einzelnen Boden Reaktion und P_2O_5 -Gehalt gegenüber. Da nur 166 Böden untersucht worden sind, diese außerdem zum größten Teil neutral reagieren, können kaum allgemeinere Schlüsse daraus gezogen werden. Zum anderen aber findet man in den Tabellen dieser Arbeit, daß ausreichender Gehalt genau so häufig auf $\overline{sa}$ wie sa' und n entfällt und allgemein ein starkes Schwanken des Phosphorsäuregehaltes innerhalb der Reaktionsgruppen auftritt, so daß diese Arbeit mehr für nesterartige Verteilung der Phosphorsäure und Unabhängigkeit vom Säurezustand als für Abhängigkeit spricht.

Um diese Widersprüche zu klären, unternahm ich es, für mehr als 2000 Böden eine Gegenüberstellung der jeweils ermittelten P_2O_5 - und K_2O -Gehalte und der zugehörigen p_H -Zahlen durchzuführen. Bei 2000 Analysen wird meines Erachtens der Einwand hinfällig, daß auch diese Zahl noch zu gering ist, um weitgehende Schlüsse zuzulassen. Die Untersuchung erstreckte sich auf alle Kreise Mecklenburgs mit ihren verschiedenen Bodenarten.

Betrachtet man die Ergebnisse dieser zeitraubenden Arbeit, so wird man bei objektiver Einstellung zugeben, daß sie den Arbeitsaufwand glänzend gerechtfertigt haben.

Für die Phosphorsäure zeigt Tabelle 2 die Ergebnisse.

Tabelle 2.

Reaktion	Phosphorsäuregehalt	Zahl der Übereinstimmungen
n	gut	103
	ausreichend-befriedigend	197
	mangelhaft	105
sa	gut	222
	ausreichend-befriedigend	429
	mangelhaft	138
sa	gut	149
	ausreichend-befriedigend	515
	mangelhaft	193

2051 Analysen

Da diese Tabelle den Nachteil besitzt, daß den jeweils ungefähr 800 Analysen im schwach und stark sauren Bereich nur halb so viele Analysen im neutralen Reaktionsbereich gegenüberstehen, sind die Zahlen auf die Grundlage 800 Analysen in jedem Reaktionsbereich umgerechnet worden, da dann ein wirklicher Vergleich der einzelnen Gruppen erst möglich wird.

Tabelle 2a zeigt die sich dann ergebenden Werte.

Tabelle 2a.

Reaktion	Phosphorsäuregehalt	Zahl der Übereinstimmungen
n	gut	203
	ausreichend-befriedigend	390
	mangelhaft	207
sa	gut	225
	ausreichend-befriedigend	435
	mangelhaft	140
sa	gut	139
	ausreichend-befriedigend	481
	mangelhaft	180

Für diese Tabelle ergeben sich 2 Auswertungsmöglichkeiten.

1. Betrachtet man die Zahl der Analysen, die eine gute Phosphorsäureversorgung anzeigen, in den einzelnen Reaktionsbereichen, so stellt man fest, daß deren Zahl beim Übergang vom neutralen in den schwach sauren Reaktionsbereich ansteigt, um im stark sauren Bereich wieder abzusinken. Bei ausreichend-befriedigendem Phosphorsäuregehalt wächst die Zahl der Übereinstimmungen vom neutralen über den schwach sauren zum stark sauren Bereich. Die mangelhafte Versorgung ist am stärksten ausgeprägt im neutralen Reaktionsbereich, sie fällt im schwach sauren und steigt im stark sauren wieder an.

Eine allgemein verbindliche Regel für den auf einem Boden mit bestimmter Reaktion zu erwartenden Phosphorsäuregehalt läßt sich überhaupt nicht ablesen. Einzig und allein wird man sagen können, daß unabhängig von der Reaktion doppelt so häufig ausreichend-befriedigende Phosphorsäureversorgung als gute oder mangelnde zu erwarten sein wird.

2. Interessanter als diese Auswertung der Tabelle ist jedoch eine zweite Art.

Trägt man in einer graphischen Darstellung auf der Abszisse das Urteil über den Nährstoffgehalt, auf der Ordinate die Zahl der Übereinstimmungen für jeden Reaktionsbereich gesondert auf, so erhält man bei der Phosphorsäure für die 3 Bereiche die in Abb. 1 gezeichneten Kurven.

Alle 3 Kurven zeigen das Bild der aus der Mathematik bekannten Zufallskurven.

Entgegen allen anderes behauptenden Arbeiten läßt sich demnach feststellen:

Der Phosphorsäuregehalt hängt nicht vom Säurezustand ab. Gemäß der Wahrscheinlichkeitsrechnung ist bei allen Böden unabhängig von der Reaktion ein mittlerer Phosphorsäuregehalt wahrscheinlicher als ein geringer oder guter. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit der Unbeweglichkeit der Phosphorsäure und deren nesterartiger Verteilung.

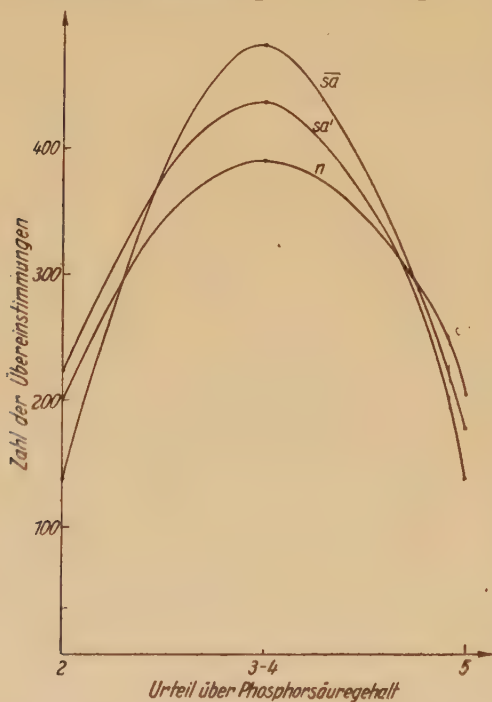


Abb. 1.

Zieht man als letztes zur Überprüfung der Ergebnisse über den Phosphorsäuregehalt die Karte der winterlichen Niederschläge zu Rate, so zeigt sich, daß auch die P_2O_5 -Versorgung der feuchteren Gebiete nicht wesentlich anders als die der trockneren ist. Das gleiche ergibt sich, wenn man Tabelle 4 betrachtet. In ihr ist verzeichnet, wieviel Prozent der Gemeinden eines jeden Kreises mangelnd, ausreichend, befriedigend und gut mit Nährstoffen versorgt sind.

Hat man an Hand der Niederschlagskarte die Niederschlagsverteilung in den einzelnen Kreisen ermittelt und vergleicht sie mit der P_2O_5 -Ver-

teilung der Tabelle 4, so lassen sich zwischen beiden keine Zusammenhänge erkennen. Kreise, die auf der geologischen Karte gleiche Bodenarten zeigen, sind trotz unterschiedlicher Niederschläge gleich mit Phosphorsäure versorgt (z. B. Güstrow und Stargard). Andere Kreise haben unterschiedliche Bodenarten

bei ungefähr gleichen Niederschlägen; sie besitzen trotzdem ähnliche Phosphorsäureversorgung (z. B. Strelitz und Schönberg).

Für den Phosphorsäuregehalt der mecklenburgischen Böden läßt sich demnach zusammenfassend folgendes feststellen: Der Mineralbestand der diluvialen Geschiebemergel und damit auch der aus ihnen gebildeten Geschiebelehme und ausgewaschenen Sande ist sehr unterschiedlich. Es zeigt sich daher ein unterschiedlicher Vorrat an Phosphorsäure. Es wäre dies dann nicht der Fall, wenn die Phosphorsäure beweglich wäre und damit die Möglichkeit eines Ausgleichs bestünde. Tatsächlich ist aber die Phosphorsäure außerordentlich schwerbeweglich und erst in sehr langen Zeiträumen auswaschbar. Sie findet sich deshalb in nesterweiser Verteilung. In den extremen Sandböden lag die Phosphorsäure in den Anfängen der Bodenbildung als Ca-, Fe- und Al-Phosphat fest. Mit der zunächst eintretenden Entkalkung mehrte sich die Bindung an Eisen und Aluminium. Als dann in den extremen Sandböden auch das Eisen in den Unterboden zu wandern begann, infolge starker Bodenversauerung, folgte ihm die Phosphorsäure zum Teil, da jetzt das bindende Agens fehlte. W. Laatsch (43) gibt an, daß Eisen- und Aluminiumhydroxyd im p_H -Bereich unter 4,5 beweglich werden können. Derartige p_H -Werte sind aber in den Kreisen Ludwigslust und Hagenow nicht allzu selten. Damit erklärt sich die Tatsache, daß die SW-Heidesandgebiete Mecklenburgs häufiger Phosphorsäuremangel in der Krume zeigen. Diese Erklärung läßt sich jedoch nur für die extremen Sandböden geltend machen. Wahrscheinlich waren alle anderen mangelhaft versorgten Böden schon gemäß ihrer Mineralzusammensetzung schlecht mit Phosphorsäure versorgt. Die Düngungsmaßnahmen haben bisher diesen Mangel noch nicht beseitigt.

Eine gesetzmäßige Abhängigkeit des Phosphorsäuregehaltes der Böden vom Säurezustand und von den Niederschlägen konnte nicht ermittelt werden.

Stellt man an Hand der Tabelle 4 die Versorgung der einzelnen Kreise mit P_2O_5 fest, so zeigen ausgesprochen befriedigende Versorgung: Parchim, Grevesmühlen, Malchin, Wismar und Schwerin; ausreichend versehen sind: Stargard, Rostock, Güstrow, Waren; mehr oder weniger schlecht versorgt sind: Ludwigslust, Schönberg, Strelitz und Hagenow. Eine Reihenfolge innerhalb der einzelnen Gruppen besteht nicht.

Vergleicht man die Angaben der Tabelle 4 mit der Karte des P_2O_5 -Gehaltes, so spiegelt diese die prozentuale Nährstoffverteilung der Tabelle wider.

Vergleicht man die Karte des Kaligehaltes mit der geologischen Bodenkarte, so zeigt schon der erste Blick, daß hier eindeutige Zusammenhänge bestehen. Wo die eine Karte Geschiebelehme verzeichnet, findet sich fast immer ausreichende Kaliversorgung, wo sie Sandböden anzeigt, liegen die Kalimangelböden. Die geringen Ausnahmen von dieser Gesetzmäßigkeit können unbeachtet bleiben.

Sie werden auf mangelhaft vorliegende Bodenuntersuchungen und nicht immer ganz genau erfolgte Feststellung der Bodenarten zurückzuführen sein.

Die Abhängigkeit des Kalimangels vom Boden erstreckt sich sogar auf die organischen Böden. Große Teile der anmoorigen und moorigen Böden der Tal- und Flußsenken prägen sich auf der Karte des Kaligehalts als mangelhaft versorgte Böden aus.

Aus der Karte wird weiter sichtbar, daß von einer nesterartigen Nährstoffverteilung ähnlich der Phosphorsäure keine Rede sein kann.

Die Deutung der Zusammenhänge geht von folgendem Tatbestand aus: Das Kali kommt im Boden nie chemisch, sondern wie alle Kationen adsorptiv gebunden vor. Als adsorbierende Komplexe kommen Ton- und Humuskolloide in Frage; beide sind durch hervorragende Nährstoffträgereigenschaften ausgezeichnet. Die teils stark quellbaren Ton- und Humuskolloide besitzen Schwarmionenhüllen, in den Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ und H^+ angereichert sind. Die adsorbierten Basenionen (vor allem das zweiwertige Ca^{++} und Mg^{++}) sind die Ursache für den gut gekrümelten Zustand der Böden, weil sie die Kolloidteilchen zu Krümeln zusammenklammern (44).

Es braucht im Zusammenhang dieser Arbeit nur das Vorkommen der Tonkolloide untersucht zu werden; denn das Humusproblem als eines der brennendsten (45) steht hier nicht zur Erörterung.

Die besten Trägereigenschaften werden demnach in den Geschiebelehm Böden, die von Hause aus reich an Ton und Kalk waren und es teils noch sind, zu finden sein. Diese finden sich in der mecklenburgischen Grundmoränenlandschaft. Je weiter wir uns vom Endmoränenrand nach Süden entfernen, desto weniger Ton liefernde Mineralien finden wir.

Sind die den Endmoränen unmittelbar vorgelagerten Vorschütt-sande (Sandur) noch nicht allzu arm an tonbildenden Mineralien (Feldspat und Glimmer) — es handelt sich bei ihnen noch immer um lehmige Sande —, so sind es die weit entfernt lagernden Tal-sande (z. B. Elburstromtal). Aus diesen Gründen liegen die kali-armen Böden auf Sand. Einmal bestehen die Sande fast nur aus Quarz, können also bei Verwitterung kein Kali nachliefern, zum anderen liefern Sande dabei keine Tonkolloide als Träger.

Daß Feldspat und Glimmer die Kaliquellen des Bodens sind, deren Kali bei der Verwitterung der Pflanze erschlossen wird, ist schon länger bekannt. Weil sich diese beiden Mineralien in den Tonfraktionen finden, geht der Kaligehalt der Böden parallel mit dem Tongehalt (46).

Bei der Phosphorsäure ergab sich der Tatbestand, daß sie, wenn überhaupt vorhanden, wegen der chemischen Bindung unbeweglich ist. Auch auf Sandböden, die kalziumarm sind, findet sie sich als Eisen- oder Aluminiumphosphat. Ganz andere Verhältnisse herrschen jedoch für die adsorptiv gebundenen Basen Ca^{++} und K^+ . Mögen sie auch zunächst im Sandboden mit seinem geringen Ton-

gehalt enthalten sein, so werden sie bald ausgewaschen, denn ihre Beweglichkeit ist ungleich größer als die der chemisch gebundenen Phosphorsäure. Eine nähere Betrachtung ergibt folgendes: Das Tonkolloid besteht aus einer Aluminium- oder Eisenhydroxyd-Kieselsäureverbindung, die sich im Gelzustand befindet. Es ist negativ geladen, kann also durch Kationen geklammert und damit sehr stabil werden. Schon reines Wasser aber ist in der Lage, die leicht austauschbaren Ca^{++} - und auch K^{+} -Ionen gegen H^{+} zu tauschen. Erst recht tritt dieser Austausch durch saure Humusstoffe ein. Deren Sättigungsbestreben führt zum Austausch von Ca^{++} gegen H^{+} ; damit wandeln sich aber die normalerweise aus positiven Metallionen und negativen Tonionen bestehenden Tonkomplexe in instabile Tonsäure, die zerfällt und deren Zerfallsprodukte im Solzustand abwandern (47). Der Vorgang der Podsolierung besteht darin, daß nach Auswaschung der Kationen der Tonzerfall folgt. Er ist gekennzeichnet durch Nährstoffverarmung und Trägerkomplexzerstörung, gebunden an hohe H^{+} -Ionenkonzentration.

Daß schon reines Wasser in der Lage ist, die für die Pflanze wie für die Krümelstruktur wichtigen Basen auszuwaschen, zeigen das häufige Dichtschlämmen vieler Böden wie vor allem wieder Lysimeterversuche und Dränagewasseranalysen.

Gerlach (48) weist darauf hin, daß sowohl der Kalk als auch der Kaliverlust durch Sickerwässer vor allem auf Sandböden ganz erheblich ist; auf Lehm Böden liegt er zwar tiefer, ist aber immer noch sehr groß. Die absoluten Verlustzahlen brauchen hier nicht angeführt zu werden, denn für das Freiland liegen sie zu hoch. Jedoch ist wichtig, daß der Kalk stärker als das Kali ausgewaschen wird. Creydt, v. Seelhorst und Wilms fanden bei Dränagewasseranalysen einen Verlust von 630 kg Kalk und 8,4 kg Kali je ha. A. Jakob (50) weist darauf hin, daß man früher die Nährstoffverluste stark unterschätzt habe. Auf schweren Böden herrschen ganz andere Verhältnisse als auf leichten, bei denen die Speicherkraft gering und damit die Beweglichkeit sehr groß ist.

Vollkommen gleiche Ergebnisse zeigen die Untersuchungen an Freilanddränagen in Dänemark (C. L. Feilberg) und die Lysimeterversuche von C. Pfaff (51).

Zwei Arbeiten müssen zum Schluß noch zitiert werden, da sie die Verhältnisse für Moorböden klären. Sowohl K. Bamberg (52) als auch W. Wöhlbier (53) weisen auf die große Kalibeweglichkeit in Moorböden hin.

Außerordentlich interessant sind die Beziehungen, die zwischen Kaligehalt und Säurezustand der Böden bestehen.

Wie schon auf Seite 18 bemerkt wurde, stellte der Verfasser in einem Sonderabschnitt dieser Arbeit den jeweiligen Nährstoffgehalt und Säurezustand von 2000 Analysen gegenüber. Für die Verhältnisse beim Kali zeigt Tabelle 3 die Untersuchungsergebnisse.

Wiederum wurde, um in den einzelnen Reaktionsbereichen bessere Vergleichsmöglichkeiten zu erlangen, eine Umrechnung auf die Grundlage 800 Analysen in jedem der drei Reaktionsbereiche vorgenommen und damit die Tabelle 3a gewonnen.

Tabelle 3.

Reaktion	Kaligehalt	Zahl der Übereinstimmungen	
n	gut	64	405 Analysen
	ausreichend-befriedigend	248	
	mangelhaft	93	
sa'	gut	36	789 Analysen
	ausreichend-befriedigend	454	
	mangelhaft	299	
— sa	gut	8	857 Analysen
	ausreichend-befriedigend	331	
	mangelhaft	518	

Tabelle 3a.

Reaktion	Kaligehalt	Zahl der Übereinstimmungen	
n	gut	126	800 Analysen
	ausreichend-befriedigend	490	
	mangelhaft	184	
sa'	gut	37	800 Analysen
	ausreichend-befriedigend	460	
	mangelhaft	303	
— sa	gut	7	800 Analysen
	ausreichend-befriedigend	309	
	mangelhaft	484	

Auch diese Tabelle läßt zwei Möglichkeiten der Auswertung zu.

1. Verfolgt man die gut, ausreichend und mangelhaft versorgten Böden gesondert durch die drei Reaktionsbereiche, so zeigt sich stets eine gesetzmäßige Abhängigkeit des Kalkgehalts vom Säurezustand. Die Zahl der gut und ausreichend versorgten Böden ist im neutralen Bereich am größten, fällt im schwach sauren und erreicht ihr Minimum im stark sauren Bereich. Die mangelhaft versorgten Böden haben zahlenmäßig ihr Minimum im neutralen, ihr Maximum im stark sauren Bereich.

2. Stellt man jedoch die Ergebnisse der Tabelle 3a in einer Abb. 2 graphisch dar, indem man auf der Abszisse die Urteile über die Kaliversorgung, auf der Ordinate für jeden Reaktionsbereich die Zahl der Übereinstimmungen aufträgt, so zeigen die Kurvenbilder der einzelnen Reaktionsbereiche folgendes:

Die Kurve des neutralen Bereiches ist eine Zufallskurve, d. h., es herrscht ausreichend-befriedigende Versorgung gegenüber den extremen Möglichkeiten der Versorgung vor.

Die Kurve des schwach sauren Reaktionsbereiches stellt schon eine stark deformierte Zufallskurve dar, da das Extrem der mangelhaften Versorgung gegenüber dem der guten in seiner Höhe verlagert ist.

Der Beginn der Deformation der Zufallskurve im schwach sauren Bereich findet seine gesetzmäßige Beendigung bei dem Kurvenbild für den stark sauren Bereich. Hier zeigt sich ein stetiges Kurven-

bild, das sein Minimum in guter Kaliversorgung, sein Maximum in schlechter Versorgung besitzt.

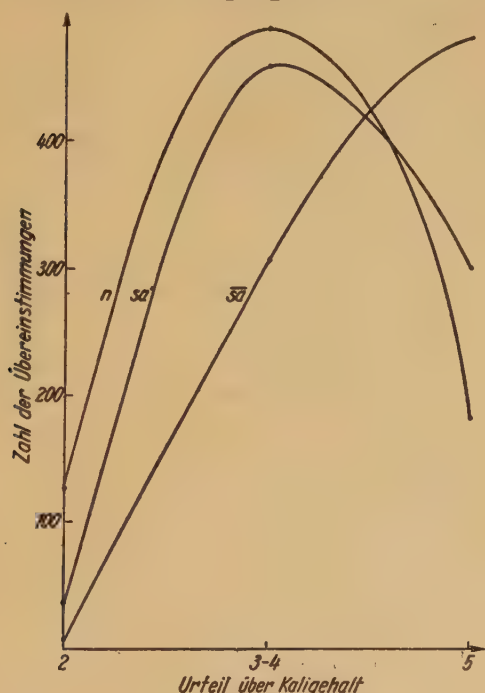


Abb. 2.

Als Ergebnis über die Beziehungen zwischen Kaligehalt der Böden und Bodenreaktion läßt sich demnach feststellen: Im Gegensatz zur Phosphorsäure, die vollkommen unabhängig vom Säurezustand im Boden ist, zeigt sich beim Kali Abhängigkeit von der Bodenreaktion. Allerdings ist die Meinung, daß in jedem Falle feste Beziehungen zwischen beiden Größen bestehen, stark revisionsbedürftig.

Eine gesetzmäßige Abhängigkeit beginnt erst im schwach sauren Bereich und findet im stark sauren ihren klaren Ausdruck. Daß die Kaliverteilung im neutralen Bereich zufällig ist, kann nicht wundernehmen.

Wie bereits gezeigt wurde, ist die Austauschbarkeit des Kalkes größer als die des Kalis. Im neutralen Boden ist fast immer ein so günstiger Zustand der adsorbierenden Ton- und Humusbestandteile auffindbar, daß kein Kali ausgewaschen, sondern das ganze Kali adsorptiv gebunden wird. Die im Boden unter diesen Verhältnissen auffindbaren Kalimengen werden gemäß der Wahrscheinlichkeitsrechnung häufiger mittlere Werte als extreme erreichen. Tritt Kalkverlust ein, so wird der Boden sauer und die adsorbierenden Komplexe zerfallen. Damit muß auch das Kali ausgewaschen werden. Primär ist also stets der Kalkverlust und die damit eintretende Versauerung, sekundär, von diesem Vorgang abhängig, der Kaliverlust.

So und nicht anders muß die Abhängigkeit des Kalis von der Bodenreaktion definiert werden. Der Satz, „der Kaligehalt ist abhängig von der Bodenreaktion“, trifft nicht die wirklichen Verhältnisse und ist viel zu allgemein.

Vergleicht man auch bei den Kaliuntersuchungen wiederum den Nährstoffgehalt mit den winterlichen Niederschlägen, so ergibt sich folgendes:

Gleiche Bodenart vorausgesetzt, zeigen Böden bei gleichen Niederschlägen ähnliche Kaliversorgung. Man vergleiche dazu die

Niederschlagskarte mit der Karte des Kaligehaltes oder aber ermittele aus der Niederschlagskarte die trockenen und feuchten Gebiete und vergleiche dann die Kaliversorgung der einzelnen Kreise untereinander in der Tabelle 4. Dieser Vergleich gestaltet sich etwas schwierig, da in Tabelle 4 Bodenart und Niederschläge sich nebeneinander auswirken; er kann also nur für Kreise mit gleichen Bodenarten durchgeführt werden. Vergleicht man zum Beispiel die Kaliwerte in den Kreisen Stargard, Malchin und Güstrow, dann zeigt sich eine graduelle Verschiebung. Diese 3 Kreise besitzen ungefähr gleiche Bodenarten, die winterlichen Niederschläge nehmen in der aufgeführten Reihenfolge zu. Während Stargard ähnliche Kaliversorgung wie Malchin aufweist mit dem Unterschied, daß in Stargard ausreichend und befriedigend versehene Böden zu gleichen Teilen vertreten sind, sich dieses Verhältnis in Malchin zugunsten der nur ausreichend versorgten Böden verschiebt, zeigt Güstrow in jeder Hinsicht eine Wertverschiebung nach „schlecht versorgt“.

Ähnliche Verhältnisse ergeben sich nochmals bei den benachbarten Kreisen Wismar, Grevesmühlen und Schönberg (Wismar trockener als Grevesmühlen, dieses trockener als Schönberg).

Bei den Sandgebieten Ludwigslust, Hagenow und Strelitz ist ebenfalls das trocknere Strelitz besser mit Kali versorgt als die etwa gleich feuchten Kreise Hagenow und Ludwigslust.

Aus der Gegenüberstellung der Aziditätsverhältnisse und der Kaliversorgung in Abb. 2 hatten sich für stark saure Böden klare Abhängigkeitsbeziehungen ergeben. Es wurde andererseits schon darauf hingewiesen, daß der Versauerung bedingende Kalkverlust den Kaliverlust nach sich zieht, und daß Kalk durch Sickerwässer stärker ausgewaschen wird als Kali. Es stand deshalb zu erwarten, daß sich die Zusammenhänge zwischen Niederschlägen und Kaligehalt bei einem Vergleich von Niederschlägen und Säureverhältnissen der Böden noch einmal wiederholen müßten. Tatsächlich zeigen, gleiche Bodenarten vorausgesetzt, die trockneren Böden nicht so saure Reaktion wie die feuchteren. Man vergleiche in Tabelle 4 die p_H -Verhältnisse der Kreise Wismar, Grevesmühlen, Schönberg; Stargard, Malchin, Güstrow; Strelitz, Hagenow, Ludwigslust.

Aus Tabelle 4 geht ferner hervor, daß der größte Teil der mecklenburgischen Böden mäßig bis stark sauer reagiert.

Als Ergebnis der Untersuchung über die Kaliversorgung der mecklenburgischen Böden kann zusammenfassend festgestellt werden:

Alle Lehmböden zeigen ausreichende, alle Sandböden mangelhafte Kaliversorgung. Es ergibt sich eine eindeutige Rangordnung der Versorgung: 1. Wismar, 2. Grevesmühlen, 3. Malchin, 4. Stargard, 5. Schwerin, 6. Waren, 7. Güstrow, 8. Parchim, 9. Schönberg, 10. Rostock, 11. Strelitz, 12. Hagenow, 13. Ludwigslust.

Die Böden der ersten 8 Kreise sind ausreichend mit Kali ver-

Tabelle 4.
Prozentuale Verteilung in den einzelnen Kreisen.

Kreis	pH			P ₂ O ₅ in mg				K ₂ O in mg			
	<5,4	5,4—6,5	>6,5	<3	3—4	4,1—6	>6	<15	15—20	20,1—30	>30
Wismar	28,1	47,4	24,5	4,5	25	46,6	23,9	21,6	35,2	36,4	6,8
Grevesmühl.	42,1	50	7,9	6	18	64	12	14	50	34	2
Malchin	32,8	50,8	16,4	7,1	30	38,6	24,3	20	47,3	27	5,7
Stargard	21	63,2	15,8	18,5	27,7	38,4	15,4	29,2	32,3	32,3	6,2
Schwerin	74	24	2	7,5	28,8	57,5	6,2	15	55	28,8	1,2
Waren	38,7	51,6	9,7	18	33,7	34,8	13,5	31,4	37,1	28,1	3,4
Güstrow	34,8	50,6	14,6	13,5	30,8	39,4	16,3	32,7	41,3	23,1	2,9
Parchim	48,6	51,4	—	7,8	17,8	53,3	21,1	33,3	51,1	14,5	1,1
Schönberg	52,4	47,6	—	15	55	28,3	1,7	41,7	53,3	5	—
Rostock	60,6	37,4	2	14,2	31,7	40,8	13,3	45,9	43,3	10,8	—
Strelitz	51,1	40,4	8,5	18,5	48,2	31,5	1,8	51,8	31,5	11,1	5,6
Hagenow	84,2	15,8	—	18,5	40,7	27,8	13	66,7	20,4	11,1	1,8
Ludwigslust	84,2	15,8	—	31,2	31,3	31,2	6,3	68,7	21,9	9,4	—

sorgt, die nächsten 2 Kreise stehen auf der Grenze zu schlecht versorgt, die letzten 3 Kreise sind mangelhaft versorgt.

In diese durch die Bodenarten gegebene Stufenleiter greifen die winterlichen Niederschlagsmengen gestaltend ein. Diese bedingen zunächst Entkalkung und damit Versauerung des Bodens, wenn diesem Ablauf nicht durch intensive Kalkung entgegen gewirkt wird. Je mehr der Boden dem Zustand starker Versauerung entgegentreibt, desto ungünstiger gestalten sich die Kaliverhältnisse, da nachgewiesen werden konnte, daß sich mit wachsender Versauerung gesetzmäßige Beziehungen zum Kaligehalt herausgestalten.

Zusammenfassung.

Die Phosphorsäure zeigt im ganzen Lande Mecklenburg eine nesterweise Verteilung im Boden. Diese Tatsache erklärt sich aus der Schwerbeweglichkeit der Phosphorsäure. Die Phosphorsäureverteilung ist weitgehend unabhängig von Bodenart, Klima und Säureverhältnissen des Bodens.

Das Kali verhält sich wegen seiner adsorptiven Bindung im Boden grundsätzlich anders. Es ist in seiner Verteilung abhängig von Bodenart, Klima und Säureverhältnissen des Bodens. Alle Lehm Böden zeigen ausreichende, alle Sandböden mangelhafte Nährstoffversorgung. In die durch die Bodenarten gegebene Stufenleiter greifen die Niederschläge gestaltend ein. Wachsende Niederschläge können zur Versauerung des Bodens führen. Wenn die Versauerung eine gewisse Grenze erreicht hat, verfällt das Kali der Auswaschung, und es gestalten sich klare Abhängigkeitsbeziehungen zwischen Kaligehalt und Aziditätsverhältnissen heraus.

Im Zuge einer Raumordnung auf dem Gebiete der Düngemittelverteilung im Lande Mecklenburg wären zunächst die aus der Karte ersichtlichen Phosphorsäuremangelböden zu versorgen. Betreffs der Kalimangelböden ist ein Unterschied zu machen zwi-

schen den Lehm- und Sandböden. Im Gebiet der Lehm Böden müssen durch intensive Kalkung zunächst die Reaktionsverhältnisse in Ordnung gebracht werden, um dem Boden seine Nährstoff-trägereigenschaften zurückzugeben; denn die Böden sind hier nicht arm an Nährstoffträgern, sondern nur arm an günstig strukturierten Tonkomplexen. Erst wenn die notwendige Kalkung durchgeführt ist, wird eine vermehrte Kalidüngung bessere Erträge liefern. In den Sandgebieten, die arm an dem Nährstoffträger Ton sind, ist dem Humusproblem erhöhte Bedeutung beizumessen.

(Auszug aus dem Analysenmaterial.)

Kreis Güstrow.

Ort	pH			Ur- teil	P ₂ O ₅ in mg				Ur- teil	K ₂ O in mg				Ur- teil
	>6,5	6,5—5,4	<5,4		<3	3—4	4,1—6	>6		<15	15—20	20,1—30	>30	
197 Gr.-Wokern	2	10	6	sa'	2	2	4	8	3	2	2	9	3	3
196 Vogelsang	21	17	1	sa'	10	8	7	6	4	7	14	7	3	4
69 Poelitz		1		sa'					5			1		3
93 Kl.-Roge	1	5	1	sa'		2	3	2	3	3		2	2	4
181 Lüdershagen	3	3		sa'		1	1		4	1			1	4
166 Braunsberg	3	2	1	sa'	1		3	2	3	3	2	1		4
144 Schependorf	2			n			2	4	2		2	3	1	3
140 Katelbogen	1	3	2	sa'	5	1			5	3	2		1	4
152 Eickelberg		4		sa'	1		1		4	2				5
105 Suckow	12	13		sa'	2	3	6	13	3	11	5	8		4
127 Steinhagen	1			n				1	2			1		3
96 Vietgest	15	9		n	1	2	2	8	3	1	2	7	3	3
49 Weitendorf	1	1	2	sa'				2	2		1	1		4
178 Gr.-Grabow	6			n				2	2			2		3
26 Vorbeck		5		sa'	2		2	1	4	3	2			5
13 Wokrent	2	7	5	sa'		3	8	3	3		3	7	4	3
95 Schlieffenberg	1	2		sa'			2	1	3		2	1		4
22 Kl.-Grenz		1		sa'			1		3	1				5
64 Drölit		1		sa'				1	2		1			4
215 Alt-Sammit		2	1	sa'	1		1	1	3	2	1			5
176 Bellin	30	36	7	sa'	7	1	20	39	3		9	49	8	3
165 Boldebuck	7	5	2	sa'		4	4		4	1	2	5		4
57 Gr.-Ridsenow		3		sa'		1	8	11	3	5	12	3		4
226 Mustin	2	2		sa'										
179 Kl.-Grabow	4	12	9	sa'	3	2	5	12	3	7	3	11	1	4
219 Bolz	1	2	1	sa'			1	1	3		1	1		4
48 Teschow		2		sa'			1		3	1				5
111 Karow	9	22	1	sa'	1	4	6	17	3	3	3	17	5	3
232 Woserin	3	1		n		1	2	1	3		1	3		3
39 Alt-Kätwin	3	14	3	sa'		1	14	5	3	2	14	3	1	4
34 Werle	1	1	1	sa'			1	1	3	1	1			5
60 Wardow			6	sa	7	5	6	1	4	4	13	2		4
52 Jahmen		1	3	sa	3	3	6	3	3	4	8	1	2	4
162 Zernin					1	2			4		1	2		3
124 Oettelin					1	1			5		2			4
27 Schwaan			1	sa			1		3	1				5
32 Rukieten						1			4		1			4
193 Mamerow	4			n			2		3	2				5

(Auszug aus dem Analysenmaterial.) Fortsetzung.
Kreis Güstrow.

Ort	pH			Ur- teil	P ₂ O ₅ in mg				Ur- teil	K ₂ O in mg				Ur- teil
	>6,5	6,5–5,4	<5,4		<3	3–4	4,1–6	>6		<15	15–20	20,1–30	>30	
55 Prebberede			2	<u>sa</u>			1	1	3		1	1		4
91 Reinshagen		1	1	<u>sa</u>				2	2			2		3
67 Lüningsdorf		1	3	<u>sa</u>	2	1		1	<u>4</u>		2	2		4
233 Zülow		13	3	<u>sa</u>	1	2	1		<u>4</u>	1	3			4
227 Rothen			11	<u>sa'</u>	7	6	7	6	<u>4</u>	14	9	2	1	<u>4</u>
78 Liessow	1		1	<u>sa'</u>	1		1		<u>4</u>	2				<u>5</u>
21 Gr.-Grenz			1	<u>sa</u>		1	1		<u>3</u>		1			4
25 Tatschow		1		<u>sa'</u>			1		4	1		1		4
24 Letschow			1	<u>sa</u>			1		3		1			4
214 Oldenstorf			1	<u>sa</u>		1			4	1				5
99 Bauhof		1	7	<u>sa</u>	1	4	2	1	4	4	2	2		<u>4</u>
184 Rosin-Kirch			1	<u>sa</u>				1	2			1		<u>3</u>
98 Güstrow		1	1	<u>sa</u>	1	1			5	2				5
223 Gerdshagen	5	14	39	<u>sa</u>	3	2	3		<u>4</u>	5	1	2		<u>5</u>
63 Belitz		1	2	<u>sa</u>										
167 Bülow	4	5		<u>sa'</u>	2	4	2							
175 Zehna	6	3		<u>n</u>	4	3	2	1	4			9		3
37 Dolgen			3	<u>sa</u>			2		<u>4</u>	7	2			5
20 Friedrichshof		2	3	<u>sa</u>		2	3		<u>3</u>	1	3	1		4
18 Bröbberow		8	8	<u>sa</u>		3	6	7	3		5	11		3
84 Hof Zehlendorf			1	<u>sa</u>			4	5	2	3	6			4
185 Mühl-Rosin		1	1	<u>sa</u>		1								
188 Carlsdorf		2		<u>sa'</u>	1	1			5					4
103 Kussow	2			<u>n</u>			1	1	3		2	2		3
56 Rensow		3	1	<u>sa'</u>				1	2		1			4
4 Gnemern	2	1		<u>n</u>			1	2	2			1	2	2
192 Langhagen	1	1		<u>sa'</u>				2	2			1	2	4
168 Gutow	1			<u>n</u>				1	2		1		1	2
135 Glambeck			1	<u>sa</u>		1			4	1				5
89 Rachow	3		1	<u>sa</u>	4	1			5	3		2		<u>4</u>
230 Gr.-Upahl	4	2	1	<u>as'</u>	3	1	2		<u>4</u>	2		3		<u>4</u>
121 Bützow	1			<u>n</u>	1				<u>5</u>	1	1			<u>5</u>
199 Gr.-Bäbelin			2	<u>sa</u>			1	1	3			1	1	3
201 Dobbin		2	2	<u>sa</u>		1	1	2	3	3		1		<u>5</u>
90 Raden	2		1	<u>sa'</u>			1	2	2		1		2	<u>3</u>
202 Hinzenhagen					12	1	1	1	5	1	8	6		<u>4</u>
107 Bredentin							2		3	1	1			<u>5</u>
190 Klaber					4	2			5	1	1	4		<u>4</u>
109 Gülzow		1		<u>sa'</u>	1				5		1			<u>4</u>
137 Hermannshagen					1	2	12	2	3	5	6	6		<u>4</u>

Schrifttum.

- Giesecke, F.: Sonderfragen der Pflanzenernährung mit mineralischen Düngemitteln. Der Forschungsdienst, Berlin, Sonderheft 8, 1938, 142.
- Krohn: Zur Frage der Bodenuntersuchungen. Ebenda, 2, 1936, 494.

2. Giesecke, F.: Arbeiten und Aufgaben der Reichsarbeitsgemeinschaft Landwirtschaftliche Chemie. Ebenda, Sonderheft 8, 1938, 87.
3. Engelmann: Phosphorsäureuntersuchungen von Böden im Freistaat Sachsen. Die Phosphorsäure, Berlin, 2, 1932, 20.
4. Niklas, H., u. A. Hock: Die Phosphorsäureversorgung der bayrischen Böden auf Grund praktischer Bodenuntersuchungen. Ebenda, 2, 1932, 160.
5. Goy: Über den Phosphorsäurezustand der ostpreußischen Böden. Ebenda, 2, 1932, 524.
6. Sieden: Der Gehalt der Böden Schleswig-Holsteins an Phosphorsäure. Ebenda, 1, 1931, 83.
7. Gemeindegrenzenkarte des Deutschen Reiches, herausgegeben vom Forschungsdienst, Berlin.
8. Bülow, K. v.: Deutschlands Wald- und Ackerböden. Berlin 1936, S. 126.
9. Liehr, O.: Bisherige Ergebnisse der Verbilligungsaktion des Reiches für Bodenuntersuchungen. Z. Pflanzenernähr., Düng. u. Bodenkunde, Berlin, B 7, 1928, 201.
10. Wießmann, H.: Bodenuntersuchung und Düngeberatung. Pflanzenbau, Berlin, 5, 1929, 224—228.
11. Schmitt, L.: Aus der Praxis der Bodenuntersuchung. Ergebnisse der Agrikulturchemie, Berlin, 4, 1936, 54—57.
12. Neubauer, H.: Mitteilungen über die Keimpflanzenmethode. Z. Pflanzenernähr., Düng. u. Bodenkunde, Berlin, B 8, 1929, 228.
13. Thun, R.: Die wichtigsten Methoden zur Nährstoffuntersuchung des Bodens und ihr Wert für die praktische Landwirtschaft. Biedermanns Zbl., Leipzig, 6, 1936, 165.
14. Thun, R.: a. a. O., 161—174 und 481—495.
15. Geinitz, E.: Geologische Übersichtskarte von Mecklenburg. Rostock 1922.
16. Lang, R.: Versuch einer exakten Klassifikation der Böden in klimatischer und geologischer Hinsicht. Int. Mitt. Bodenkunde, Berlin, 5, 1915, 312—346.
Lang, R.: Verwitterung und Bodenbildung als Einführung in die Bodenkunde. Stuttgart 1920.
17. Meyer, A.: Über einige Zusammenhänge zwischen Klima und Boden in Europa. Chem. Erde, Jena, 2, 1926, 230—271.
18. Friedrich, W.: Über die Verdunstung vom bewachsenen und unbewachsenen Erdboden. Deutsche Wasserwirtsch., Stuttgart, 28, 1933, 74.
Über die Verdunstung vom bewachsenen Erdboden. Ebenda, 31, 1936, 115—116.
19. Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands (herausgegeben von der Preuß. Landesanstalt f. Gewässerkunde), Abflußjahr 1936, Berlin 1938, Teil 3, 1—69.
20. Saß, C.: Die Schwankungen des Grundwassers in Mecklenburg. Mitt. Meckl. Geol. Landesanst., Rostock, Mitt. 12, 1901; Mitt. 17, 1905.
21. Geinitz, E.: Die hydrologischen Verhältnisse Mecklenburgs. Int. Z. Wasserversorgung, Leipzig, 2, 1915, 157.
22. Lütjen, J.: Die Schwankungen des Grundwassers in Mecklenburg. Rostock 1931.
23. Bartels, J., u. J. Schubert: Witterung und Bodenfeuchtigkeit im Jahre 1934. Z. Forst- u. Jagdwesen, Berlin, 1935, 210—221.
Bartels, J.: Witterung und Bodenfeuchtigkeit im Jahre 1935. Ebenda, 1936, 218.
24. Bartels, J.: Verdunstung, Bodenfeuchtigkeit und Sickerwasser unter natürlichen Verhältnissen. Ebenda, 1933, 204—219.
25. Koehne, W.: Grundwasserkunde, Stuttgart 1928, 27—29.
26. Bartels, J., u. J. Schubert: Schrifttumsnachweis 23, 213.
Bartels, J.: Schrifttumsnachweis 23, 212.
Bartels, J.: Witterung und Bodenfeuchtigkeit im Jahre 1936. Z. Forst- u. Jagdwesen, Berlin 1937, 297.
Schubert, J.: Witterung und Bodenfeuchtigkeit im Jahre 1937. Ebenda, Berlin 1938, 315—322.

27. Geinitz, E.: Geologie Mecklenburgs, Rostock 1922.
28. Peltz, W.: Vgl. Karte in: Beiträge zur Statistik Mecklenburgs, 1894, 12.
29. Hoyningen-Huene, Frhr. v.: Bodenkarte von Mecklenburg. Rostock 1936.
30. Ihnen, K.: Die bodenkundliche Übersichtskarte von Mecklenburg. Mitt. Meckl. Geol. Landesanst., Rostock 1936, 47—50.
31. Laatsch, W.: Dynamik der deutschen Acker- und Waldböden. Dresden 1938, 158.
32. Laatsch, W.: a. a. O., S. 206.
33. Taschenmacher, W.: Grundriß einer deutschen Feldbodenkunde. Stuttgart 1937, 74.
34. Gerlach, W.: Untersuchung über die Menge und Zusammensetzung der Sickerwässer. Landw. Jb., Berlin, 64, 1926, 716.
35. Schmitt, L.: Beiträge zur Frage der Beweglichkeit der Phosphorsäure im Boden. Superphosphat, Uelzen, 7, 1931, 54.
36. Hock, A.: Phosphorsäuredüngung und Phosphorsäurebeweglichkeit im Boden. Superphosphat, Uelzen, 5, 1929, 104.
37. Roemer, Th.: Die Verteilung der aufnehmbaren Phosphorsäure- und Kalimengen im Ackerboden. Superphosphat, Uelzen, 6, 1930, 14.
38. Wilhelmj, A.: Ursachen der Wirkung des Thomasmehls. Die Phosphorsäure, Berlin, 2, 1932, 257.
39. Pfaff, C.: Über Lysimeterversuche. Der Forschungsdienst, Berlin, Sonderheft 6, 1937, 112.
40. Kertscher, F.: Zur Frage der Verteilung der Nährstoffe im Boden. Ebenda, Sonderheft 8, 1938, 152.
41. Vgl. Schrifttumsangabe 3—6.
42. Kling, M., u. O. Engels: Über die Ergebnisse der im Jahre 1931 in der landwirtschaftlichen Kreisversuchsstation Speyer ausgeführten Bodenuntersuchungen. Z. Pflanzenernähr., Düng. u. Bodenkunde, Berlin, B 12, 1933, 290.
43. Laatsch, W.: a. a. O., S. 63.
44. Laatsch, W.: a. a. O., S. 87—88.
45. Giesecke, F.: Arbeiten und Aufgaben der Reichsarbeitsgemeinschaft Landwirtschaftliche Chemie. Der Forschungsdienst, Berlin, Sonderheft 8, 1938, 88.
46. Schneidewind, W.: Die Ernährung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, Berlin 1928, 188.
47. Laatsch, W.: a. a. O., S. 65—67.
48. Gerlach, W.: a. a. O., S. 716.
49. Creydt, v. Seelhorst u. Wilms: Untersuchungen über Drainagewasser. J. Landwirtsch., Berlin, 49, 1901, 274.
50. Jacob, A.: Der Basenhaushalt des Ackerbodens. Ebenda, 80, 1932, 241.
51. Pfaff, C.: a. a. O., S. 112.
52. Bamberg, K.: Studien über das austauschbare Kalium. Z. Pflanzenernähr., Düng. u. Bodenkunde, A 14, 1929, 177.
53. Wöhlbier, W.: Beitrag zur Frage der Bewegung von Phosphorsäure und Kali im Boden. Pflanzenbau, Berlin, 8, 1932, 168.

Lebenslauf.

Am 15. August 1908 wurde ich in Reinickendorf als Sohn des Lehrers Gustav Hübner geboren. Vom 6. Lebensjahr ab besuchte ich zunächst die Volksschule, dann die Humboldtschule in Tegel, an der ich 1927 meine Reifeprüfung ablegte. Von 1927—1932 studierte ich an der Universität Berlin Naturwissenschaften (Biologie, Chemie, Geographie), bestand 1932 mein Staatsexamen und nach zweijähriger Referendarausbildung mein Assessorexamen. Seit 1934 bin ich als Studienassessor im Staatsdienst tätig; im Herbst des Jahres 1939 erfolgte meine Ernennung zum Studienrat. Neben der unterrichtlichen Betätigung beschäftigte ich mich mit Fragen der Unterrichtsgestaltung. Der Niederschlag dieser Arbeit liegt in einer Methodik der Biologie vor. Mein ständig wachsender Wunsch, in einer wissenschaftlichen Arbeit eine Synthese meiner Studienfächer zu versuchen, ging in Erfüllung, als mir Herr Professor Dr. Giesecke das der Arbeit zugrunde liegende Thema stellte. Mein Dank gilt nicht nur der ständigen Hilfe, die mir Herr Professor Giesecke zukommen ließ, sondern vor allem der Tatsache, daß ich mit der vorliegenden Untersuchung zu einem kleinen Teil beitragen durfte zur Lösung eines der wichtigsten Probleme der deutschen Landwirtschaft.
